Aus dem Kulturtechnischen Institut.

Die landwirtschaftliche Verwertung der Abwasser der Flachsröste durch Beregnung.

Inaugural-Dissertation

zur

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Erlangung der Doktorwürde

bei der

Hohen Philosophischen Fakultät
der Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu **Breslau**

vorgelegt von

Kurt Heitz
aus Darmstadt.

Promotion: 5. September 1925.

Druck von F. W. Jungfer, Breslau I.

Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. Zunker.
Rigorosum: 1. Juli 1925.

Gedruckt mit Genehmigung der Hohen Philosophischen Fakultät
der Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Breslau.

Meiner Mutter

in Dankbarkeit für ihre aufopfernde Fürsorge
gewidmet.

Die landwirtschaftliche Verwertung der Abwasser der Flachsröste durch Beregnung.

Inhaltsübersicht:

1. Einleitung . . . . . Seite 5— 7
2. Die bisherige Röstwasserbeseitigung . . . „ 7— 9
3. Die Beregnung als neues Verfahren der Abwasserbeseitigung . . . . . „ 9—10
4. Die Beschaffenheit der Röstabwasser . . . „ 10—15
5. Die Vorbereitung der Feldversuche . . . . „ 15—18
6. Die Bodenbeschaffenheit . . . . . „ 18—19
7. Der Pflanzenanbau und die Beregnung des Feldes . . . . . „ 19—22
8. Der Verlauf des Pflanzenwachstums und die Ernteergebnisse . . . . . „ 22—37
9. Die Gefäßversuche . . . . . „ 38—43
10. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse . „ 43 - 44
11. Die Wirtschaftlichkeit der Beregnung mit Röstabwasser . . . . . „ 44—46

1. Einleitung.

Deutschlands Versorgung mit Webstoffen war vor dem Weltkriege vollständig auf die Einfuhr von ausländischen Rohmaterialien, in erster Linie Baumwolle aus den Tropen und Lein aus Rußland, eingestellt. Durch den Weltkrieg wurde die Einfuhr unterbunden. Deutschland mußte auf seine Eigenerzeugung zurückgreifen, den Anbau von Gespinstpflanzen fördern, zu gleicher Zeit aber auch die Industrie heben, die sich mit der Verarbeitung dieser Rohstoffe zur spinnfähigen Ware befaßte. Es blühte ein neuer Industriezweig auf, der bisher mit wenigen Ausnahmen nur Heimarbeiter und Kleinbetriebe beschäftigte, sich jetzt aber zu Großbetrieben entwickelte: die Flachsaufbereitungs- oder Röstindustrie.

Sie hat infolge des großen Bedarfes an spinnfähiger Ware einen starken Aufschwung genommen und ermöglicht dem Großgrundbesitz den lohnenden Anbau des Leins, beschäftigt selbst eine Anzahl Arbeitskräfte, gibt durch ihren Bedarf an Maschinen anderen Industriezweigen Absatzmöglichkeit und liefert den Spinnereien das Rohmaterial, das zur Versorgung der Bevölkerung mit Leinwand benötigt wird. Somit ist dieser Industriezweig volkswirtschaftlich von sehr großer Bedeutung geworden.

Nach Angaben der deutschen Flachsbaugesellschaft haben wir in

Deutschland im Laufe der letzten 50 Jahre folgende Anbauflächen für Flachs:

Jahr	Hektar
1878	134 000
1883	108 000
1893	61 000
1900	34 000
1913	16 700
1914	15 000
1917	30 000
1920/21	45 000
1924	47 000

Aus der Tabelle geht hervor, daß der Flachsbau noch in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts in hoher Blüte stand. Mit der zunehmenden Einfuhr ausländischer Rohstoffe verringerte sich die Anbaufläche und erreichte ihre geringste Ausdehnung von nur 10 v H der ehemaligen Fläche im Jahre 1914. Der sich im Kriege steigernde Bedarf führte wieder zu einer Vermehrung der Anbaufläche um rund das Dreifache von 1914.

Die Flachsaufbereitungsanstalten sind teils im Anschluß an Spinnereien, teils durch den Zusammenschluß der flachsbauenden Landwirtschaft zu Verwertungsgenossenschaften entstanden. Nach Angaben des Forschungsinstitutes für Faserstoffe in Sorau N. L. werden ungefähr 70 v H der gesamten Flachsmenge der fabrikmäßigen Aufbereitung zugeführt. Der Rest findet in kleinen und kleinsten Betrieben seine Verarbeitung und dient hier meist zur Deckung des Eigenbedarfes.

Der Vorgang der Aufbereitung ist in kurzen Umrissen geschildert folgender:

Der vom Landwirt geerntete Flachs wird von seinem Samen befreit, entknotet und danach geröstet. Diese Maßnahme soll die Trennung der Faser vom holzigen Stengel bewirken. Die Röste wird durch Rösterreger eingeleitet, das sind Kleinlebewesen, die in das Pflanzengewebe eindringen und die zwischen Faser und holzigem Stengel eingelagerten Pektinstoffe zersetzen. Dieser Vorgang geschieht entweder auf dem Wege der Luft- oder Tauröste, oder der Wasserröste.

Bei dem Verfahren der Luft- oder Tauröste werden die Pflanzenstengel auf einer Wiese dünn ausgebreitet und dem Wetter ausgesetzt. Tau und Regen begünstigen dabei das Wachstum der Schimmelpilze, die mit ihren Enzymen die Loslösung der Faser verursachen.

Bei der Wasserröste nehmen an Stelle der Pilze die Bakterien die Trennung vor. Man unterscheidet hier wiederum verschiedene Unterverfahren, von denen die Kanal- oder fließende Kaltwasserröste und die Bassinröste, in ihrer hauptsächlichsten Form als stehende Warmwasserröste, hervorzuheben sind.

Ist der Trennungsvorgang hinreichend vorgeschritten, so wird der Flachs getrocknet und nach längerer Lagerung geknickt und geschwungen. Der Schwingprozeß beruht darauf, daß auf mechanischem, heute größtenteils auf maschinellem Wege das nur noch lose haftende

Holz aus der Faser herausgeschlagen wird. Die hierdurch erhaltene Faser ist das spinnfähige Erzeugnis.

In Großbetrieben wird immer mehr zur Warmwasserröste übergegangen, weil man dabei eine schnellere Abwicklung und bessere Kontrolle des Röstvorganges erreicht. Sie ermöglicht die Röstreife schon in 3—4 Tagen, während die anderen Verfahren 10—15 Tage benötigen. Der Verlauf des Röstvorganges in der Warmwasserröste ist nach Dr. G. Ruschmann (Grundlagen der Röste, Bd. I der Bücherei für Faserforschung) ungefähr folgender: Für je 50 kg Strohflachs rechnet man 1 cbm Wasser. In den ersten 10 Std. werden die Flachsstengel ausgelaugt. Sie geben ihre leichtlöslichen Stoffe wie Glukose und andere Zuckerarten, Glukoside, Gerbstoffe und geringe Mengen Eiweißstoffe ab. In diesen sind vornehmlich Stickstoff, ferner Phosphorsäure, Kali und Kalk enthalten, Stoffe, die auf das Wachstum der typischen Rösterreger hemmend einwirken und daher erst aus dem Stengel verschwinden müssen. Die zurückbleibenden, nicht auslaugbaren Bestandteile sind Pektinstoffe in kolloidaler Verteilung. Sie nehmen Wasser mit großer Begierde auf und bewirken dadurch ein Anschwellen der Zellen. In diesem Zustande bilden sie den geeignetsten Nährboden für den spezifischen Rösterreger.

Die Pektinstoffzersetzung ist eine Gärung, bei der Kohlensäure frei wird und organische Säuren, wie Milchsäure und Essigsäure entstehen. Wir finden somit in der Röste einerseits die ebengenannten organischen Säuren, andererseits die schon oben erwähnten anorganischen Stoffe, die als typische Pfanzennährstoffe bekannt sind.

2. Die bisherige Röstwasserbeseitigung.

Die Röstwasserbeseitigung bildet heute eine der wichtigsten Fragen in der Röstindustrie. Man hat in der Zeit unserer nationalen Not, in der die meisten Rösten entstanden sind, wenig auf die unschädliche Beseitigung des Röstwassers geachtet; denn die Notwendigkeit, Faser zu schaffen, stand im Vordergrund. Von der Möglichkeit einer für andere Wirtschaftszweige unschädlichen und mit keinen hohen Kosten verknüpften Abführung des Röstwassers ist das Weiterbestehen mancher Rösten abhängig. Die Schwierigkeit der Abführung liegt am Gehalt des Röstwassers an organischen Säuren. Diese haben eine dermaßen sauerstoffzehrende Wirkung, daß bei Aufleitung auf bestellte Felder oder Wiesen deren Pflanzenbestand sofort abstirbt. Bei einem Ableiten des Röstwassers aber in natürliche Wasserläufe, selbst in das Mittelwasser der Ströme, werden die Fischbestände bis einige Kilometer unterhalb der Einleitungsstelle schwer geschädigt. Da nun gerade in der Hauptröstperiode im Sommer Niederwasserstände zu erwarten sind, so wird eine unmittelbare Einführung in die Wasserläufe unstatthaft.

An einigen Orten wird nun das Röstwasser auf kahle Flächen geleitet und durch Versickern in den Untergrund beseitigt. Andere Rösten haben Klärbecken angelegt, in denen das Röstwasser teils durch chemische Zusätze, teils durch natürliches Ausfaulen vorgereinigt wird, um dann über Wiesen verrieselt oder unmittelbar in einen Vorfluter abgelassen zu werden.

In Schlesien liegen bei einigen Aufbereitungsanstalten die Verhältnisse folgendermaßen:

Konstadt O.-S., die älteste und größte Röste, drückt durch eine 5 km lange eiserne Muffenrohrleitung das Wasser auf das Gelände einer Domäne, deren Pächter vertraglich zur Aufnahme des Röstwassers verpflichtet ist. In bestimmten Abständen sind dort Ausflußstellen angebracht. Durch Gutsarbeiter sind die Felder mittels Gräben und Dämmen in rechteckförmige Becken aufgeteilt, die nacheinander mit Röstwasser überstaut werden. Die Felder haben lehmigen Sandboden und sind gedränt. Das auf diese Weise filtrierte Röstwasser mündet in einen Vorfluter. Ein Arbeiter ist ständig mit der Verteilung des Wassers und der Ausbesserung der Anlagen beschäftigt. Ist auf den Flächen eine gewisse Menge Röstwasser versickert, so werden die Gräben und Dämme wieder eingeebnet und das Feld mit Ackerfrüchten bestellt. Die organischen Säuren werden durch die Berührung mit der Luft zum Teil oxydiert, zum Teil verflüchten sie, die Nährstoffe werden dem Boden einverleibt und sind dem Pflanzenwachstum förderlich. Der Boden nimmt jedoch mit der Zeit eine Einzelkornstruktur an, die seiner Fruchtbarkeit sehr nachteilig ist.

In Klopschen, Kreis Glogau, finden wir Klärbecken. Das mit größeren Mengen frischen Wassers verdünnte Röstwasser wird nach Verlassen der Klärbecken einem Vorfluter zugeleitet. Dieser führt durch einen Teil des Dorfes und verbreitet dort neben seiner immer noch pflanzenphysiologisch schädigenden Wirkung einen üblen Geruch. Die Röste sieht sich heute gezwungen, ihr Abwasser auf anderem Wege zu beseitigen und will es mit Rieselwiesen versuchen.

Die Aufbereitung in Kaundorf, Kreis Neiße, leitet ihre Abwasser in die Neiße ab und sieht sich heute auch zu einer anderen Lösung gezwungen.

Wohl die günstigsten Verhältnisse hat Christianstadt in der Mark. Eine Fläche von einem Hektar Größe mit grobem Kies als Untergrund ist als Obstgarten eingerichtet. Zwischen den Obstbäumen sind Dammgräben angelegt, von denen aus das Röstwasser ohne Schädigung des Pflanzenbestandes in den Untergrund versickert. Ob das Grundwasser dadurch mit der Zeit nicht sehr verunreinigt wird und bei seinem Austritt aus dem Boden schädlich wirkt, bleibt ungewiß. Die Obstbäume sollen guten Ertrag geben. Bemerkenswert ist aber, daß, als eines Tages ein Dammgraben durchbrach und das Wasser sich über die Fläche verteilte, in kurzer Zeit die dort stehenden Bäume abstarben.

Aehnlich wie in Konstadt liegen die Verhältnisse in Tschirne bei Breslau. Das Röstwasser wird vermittelst einer 2½ km langen Rohrleitung auf eine Sandfläche gebracht und dort durch Ueberstauung beseitigt. In der Erwartung, daß das Grundwasser dadurch erheblich steigen würde, wurde zu seiner Ableitung ein Vorflutgraben nach der Oder hin angelegt. Doch hat sich bisher der Grundwasserspiegel noch unter der Sohle des Vorfluters gehalten, so daß er trocken blieb. Das versickerte Röstwasser wird mit dem Grundwasserstrom fortgeführt und soll sich nach Aussagen der Unterlieger in einer Entfernung von 700 bis 800 m auf den Feldern schädigend bemerkbar machen. Es werden jährlich ungefähr 2½ ha Land zur Wasseraufnahme benötigt, für die die Röste eine Pachtsumme zahlen muß. Auf der in den Jahren 1922 und 1923 überstauten Fläche waren im Jahre 1924 Futterrüben angebaut worden. Diese brachte die doppelte Fuhrenzahl als die be-

nachbarte, nicht überstaute Fläche, die gleich groß und mit Stallmist abgedüngt war. Ob bei einem trockeneren Sommer die zu starke Nährstoffanreicherung nicht zu einer Endosmose und somit zu einem Verbrennen der Rüben geführt hätte, soll dahingestellt bleiben. Tschirne selbst empfindet die Beseitigung des Röstwassers auf diesem Wege als starke Belastung, da sich die Kosten dieses Verfahrens je Kubikmeter Röstwasser auf 8,30 Pf stellen. Herr Rittergutsbesitzer Teichmann-Brodelwitz, einer der geschäftsführenden Gesellschafter der Flachs-Aufbereitungsanstalt Tschirne, gab den ersten Anstoß zu der vorliegenden Untersuchung, die eine wirtschaftlichere Verwertung der großen Nährstoffmengen, die im Röstwasser enthalten sind, zum Ziele hat.

Wir erfüllen eine angenehme Pflicht, wenn wir seiner weitblickenden Unterstützung unserer Forschungsarbeiten an dieser Stelle dankbar gedenken, und ebenso Herrn Direktor Wiescholleck für die Förderung unserer Versuche verbindlichen Dank sagen.

3. Die Beregnung als neues Verfahren der Abwasserbeseitigung.

Es lag der Gedanke nahe, ob nicht das Röstwasser durch das in den letzten 1½ Jahrzehnten neu ausgebildete kulturtechnische Mittel der Feldberegnung zweckmäßiger verwendet werden könnte. Die Feldberegnung besteht bekanntlich darin, daß von einer oder mehreren Wasserstellen aus Wasser unter Druck durch eine Rohrleitung nach dem zu bewässernden Felde geleitet wird. An diese Rohrleitung sind die Beregnungsgeräte mit ihren Streudüsen angeschlossen, die das Druckwasser in regelmäßig feiner Verteilung gleichmäßig über das Feld geben. Das Feld kann eine beliebig gestaltete Oberfläche haben und erfordert keinerlei Umformung. Bei der Zuleitung entstehen keine Verluste, und auf das Feld wird nur soviel Wasser verregnet, wie der Wurzelbereich des Bodens fassen kann, so daß kein Tropfen oberirdisch abfließt oder nutzlos in die Tiefe versickert. Bei der feinen Tropfenverteilung gibt kohlensäurehaltiges oder mit sonstigen flüchtigen organischen Säuren angereichertes Wasser die schädlichen Gase leicht an die Luft ab und tauscht dafür Sauerstoff ein.

Die zurzeit bei der Feldberegnung bestehenden Systeme, die sich hauptsächlich durch die Art der Rohrkuppelungen und in den Regnern unterscheiden, sind in der Literatur schon eingehend beschrieben worden. (Der Kulturtechniker 1923, Heft 1, Seite 16—23, und Heft 2/3, Seite 129; 1924, Heft 5/6, Seite 274—280, und 1925, Heft 1, Seite 46—61) und können hier nur kurz erwähnt werden. Vorherrschend sind die Bauarten von:

1. Krause, Maschinenfabrik Gebr. Körting, Hannover-Linden.
2. Hydor G.m.b.H., Berlin-Mariendorf.
3. Lanninger A.-G., Frankfurt a.M.-Rödelheim.

Kürzlich ist als neues System, das jedoch bezüglich der Rohrfrage noch wenig geklärt ist, das Hortensche Verfahren hinzugekommen.

Da die Feldberegnung eine Nachahmung des natürlichen Regens ist, so liegt es auf der Hand, daß sie auf alle Kulturen Anwendung finden kann, und zwar in einem Zeitpunkt, der den Pflanzen am meisten zusagt. Dies ist die Vegetationszeit außerhalb der Blüte und letzten Reife. Mit Rücksicht auf den Nährstoffgehalt des Röstwassers könnte,

um dem Boden eine Vorratsdüngung zu geben, bei seiner Verregnung auch die Zeit der Wachstumsruhe in Frage kommen. Im letzten Falle käme nur der Düngerwert des Abwassers zur Verwertung, im ersteren Falle neben dem Düngerwert aber auch der Wasserwert, d. h. der Wert, den das Abwasser dann gewinnt, wenn es zur rechtzeitigen und hinreichenden Versorgung der Pflanzen mit dem Hauptwachstumsfaktor „Wasser" verwendet wird. Nur wenn das Röstwasser auch bei dem Verfahren der Beregnung lebender Pflanzen noch schädigend wirken sollte, käme die ausschließliche Ausnutzung des Düngerwertes während der Wachstumsruhe oder während der Vegetationszeit auf unbestellte Felder in Betracht.

4. Die Beschaffenheit der Röstabwasser.

Die Frage des Düngerwertes der Abwasser und die voraussichtlich eintretende Abschwächung der schädigenden Wirkung des Röstwassers auf dem Wege der Feldberegnung war zunächst durch vorbereitende Untersuchungen weitgehend zu klären, ehe die immerhin umständlichen und kostspieligen Feldversuche begonnen werden durften.

Zu den Untersuchungen wurde das Abwasser der Warmwasser-Bassinröste der Flachsaufbereitungsanstalt Tschirne verwendet. Aus der Literatur liegen nun zunächst die älteren in Tafel 1 wiedergegebenen Analysenergebnisse von Warmwasser-Bassinrösten vor (Gesundh. Ing., Jahrg. 1923, 2. Heft, Seite 19, Wasserprobe Nr. 6 und 7).

Tafel 1. Aeltere Analysenergebnisse von Warmwasser-Bassinrösten.

Bestandteile	Probe Nr. 6	Probe Nr. 7
Entnahmetemperatur	28,5°	27,0°
In 1 Liter des unfiltrierten Abwassers sind enthalten:		
Gesamt-Ungelöstes	80 mg	63 mg
Glühverlust	78 -	62 -
In 1 Liter des filtrierten Abwassers sind enthalten:		
Gesamter Abdampfrückstand	4104 -	2068 -
Glühverlust	2303 -	1157 -
Gesamt-Stickstoff	63 -	33 -
Ammoniak-Stickstoff	19 -	8 -
Organischer Stickstoff	44 -	25 -
Chlor gebunden (Cl)	280 -	12 -
Phosphorsäure gebunden (P_2O_5)	169 -	72 -
Kali (K_2O)	683 -	306 -
Kalk (Ca O)	335 -	168 -
Azidität (ccm $^1/_{10}$ n Na OH)		
1. drei Tage nach der Entnahme	870 -	387 -
2. zehn Tage nach der Entnahme	526 -	218 -

Probe 6 zeigte von der Entnahme ab, Probe 7 vom 3. Tage ab eine ziemlich starke bzw. starke Schwefelwasserstoffentwickelung.

Eine frühere Analyse des Röstwassers von Tschirne hatte folgende in Tafel 2 wiedergegebene Ergebnisse:

Tafel 2.

Azidität (ccm $^1/_{10}$ n Na OH)	372,0
Gesamt-Ungelöstes	54,50 mg

Es waren enthalten:

In 1 l des unfiltrierten Abwassers		In 1 l des filtr. Abwassers
Ammoniak-Stickstoff	6,31 mg	6,14 mg
Gesamt-Stickstoff	69,15 "	32,5 "
Organ. Substanz	1777,7 "	675,0 "
Chlor	221,6 "	216,4 "

In 1 l filtriertem Abwasser sind ferner enthalten:

Glührückstand	2076,0 mg
Kalk (CaO)	374,8 "
Magnesium (MgO)	91,6 "
Eisenoxyd u. Tonerde ($Fe_2O_3 + Al_2O_3$)	216,0 "
Schwefel (SO_2) gebunden	169,0 "
Phosphorsäure (P_2O_5)	205,8 "
Kali (K_2O)	348,2 "
Natrium (Na OH)	299,1 "
Kieselsäure (SiO_2)	58,8 "

Im Laufe des Versuchsjahres wurden im Forschungsinstitut für Faserstoffe in Sorau von Herrn Reg.-Rat Dr. Kränzlin in dankenswerter Weise folgende in Tafel 3 wiedergegebene Analysen des Tschirner Röstwassers durchgeführt:

Tafel 3. Röstwasseranalysen im Versuchsjahr.

Bestandteile	1. Probe	2. Probe	3. Probe verregnet
Azidität (ccm $^1/_{10}$ n NaOH)	243,0	236,0	176,0
In 1 l Abwasser sind enthalten:			
Gesamt-Stickstoff	40,88 mg	35,0 mg	36,4 mg
Ammoniak-N.	21,88 "	9,8 "	12,88 "
Kali (K_2O)	361,30 "	296,0 "	469,0 "
Phosphorsäure (P_2O_5)	51,16 "	54,24 "	73,06 "
Chloride (Cl)		142,5 "	187,0 "
Kalk (CaO)		153,6 "	182,0 "
Kieselsäure (SiO_2)		17,0 "	43,8 "
Sesquioxyde		135,0 "	118,5 "
Abdampfrückstand		4,563 g	2,6802 g
Glührückstand		1,359 g	1,4310 g
Glühverlust		3,204 g	1,2492 g

Die Nährstoffmengen von Stickstoff zu Kali zu Phosphorsäure zu Kalk verhalten sich, wenn Gesamtstickstoff gleich 1 gesetzt wird, etwa wie 1 : 10 : 2 : 5. Die großen Schwankungen der einzelnen Analysenergeb-

nisse sind wohl auf die verschiedenartige Herkunft der Flächse, d.h. auf die Verschiedenartigkeit der Böden und der angewandten Düngung zurückzuführen. Um einen Ueberblick zu bekommen, welche Nährstoffmengen, umgerechnet in Kunstdünger, im Röstwasser enthalten sind, soll als mittlerer Gehalt der der Tafel 4 angenommen werden:

Tafel 4. Mittlerer Gehalt des Röstwassers.

Nährstoffe	Menge in g/cbm	Eine Kunstregenhöhe von 100 mm, das sind 1000 cbm/ha, führt dem Felde eine äquivalente Nährstoffmenge zu von
Ammoniak-Stickstoff	12	0,6 dz 20 v H schwefels. Am.
Kali (K_2O)	72	9,0 dz 40 v H Kalisalz
Phosphorsäure (P_2O_5)	360	4,0 dz 18 v H Superphosph.
Organischer Stickstoff	31,2 | 240	2,4 dz Kalkstickstoff (13 v H N)
Kalk (CaO)	208,8 | 240	

Da der im Gesamt-Stickstoff nicht als Ammoniak vorhandene Stickstoff wohl in erster Linie organischer Natur ist und erst im Laufe der Vegetation von den Pflanzen aufgenommen wird, kann er in seiner Wirkung mit der des Kalkstickstoffes verglichen werden. Da auch der Kalk erst im Laufe der Vegetation zur Wirkung kommt, sind in der letzten Spalte der vorstehenden Tabelle, in der die einer Kunstregenhöhe von 100 mm äquivalente Kunstdüngermenge berechnet ist, organischer Stickstoff und Kalk in ihrer Wirkung zusammengefaßt als Kalkstickstoff aufgeführt worden.

Bei der Flachsaufbereitung in Tschirne fallen jährlich rund 60 000 cbm Röstwasser ab. Laut Statistik wurden in Deutschland im Jahre 1924 47 000 ha Lein angebaut. Bei Zugrundelegung einer Ernte von durchschnittlich 25 dz je ha wäre eine Gesamternte von 1 175 000 dz Strohflachs vorhanden, von denen laut Angabe des Forschungsinstitutes für Faserstoffe in Sorau N.-L. 70 v H der Wasserröste zugeführt werden.

Rechnet man nun auf je 50 kg Strohflachs 1 cbm Röstwasser, so haben wir es mit 1 645 000 cbm Röstwasser zu tun. Diese enthalten etwa die in Tafel 5 wiedergegebenen Mengen künstlicher Düngemittel:

Tafel 5. Im Gesamtröstwasser enthaltene äquivalente Düngermengen.

Düngemittel	in Tschirne bei 60000 cbm Röstw. dz	im Reiche bei 1645000 cbm Röstw dz
Schwefels. Amm.	36	987
40 v H Kalisalz	560	6580
Superphosphat	240	14805
Kalkstickstoff	144	3948

Diese Mengen bleiben auch die gleichen, wenn ein Teil des Flachses in der fließenden Röste verarbeitet wird. Es ändern sich dann nur die Wassermengen.

Wie schon eingangs erwähnt, lag bisher in der Ueberstauung von Anbauflächen die einzig nutzbare Verwertung des Röstwassers. In Tschirne werden mit den anfallenden 60 000 cbm Röstwasser jährlich 2,5 ha überstaut. Die Stauhöhe beträgt also 2400 mm, während schon mit 100 mm Abwasserhöhe dem Boden reichliche Nährstoffe — ent-

sprechend 0,6 dz Schwefelsaurem Ammoniak, 9,0 dz 40 v H Kalisalz, 4,0 dz Superphosphat, 2,4 dz Kalkstickstoff — zugeführt werden würden. Es findet also bei der bisherigen Verwertung des Röstwassers eine überaus große Verschwendung von Pflanzennährstoffen statt.

Bei der Beregnung hat man es hingegen in der Hand, die Regengaben so zu bemessen, daß gerade der Düngerbedarf der Pflanzen gedeckt wird. Mit 100 mm Regenhöhe, während der Wachstumszeit gegeben, würde man nach aller Erfahrung in der Feldberegnung auch den über die natürlichen Niederschläge hinausgehenden Wasserbedarf der Pflanzen hinreichend decken können.

Das große Bedenken aber, das zunächst gegen eine Beregnung von Pflanzenkulturen sprechen konnte, war der Säuregehalt des Röstwassers. Bei der Zersetzung der Pektinstoffe entsteht viel Kohlensäure, die zwar, wie die Kohlensäuredüngungsversuche bewiesen haben, auf die Assimilation der Pflanzenblätter sehr fördernd einwirken kann, aber den Pflanzenwurzeln, dem Bakterienleben und den Umsetzungen im Boden im Uebermaß gegeben schädlich ist. Der Boden bedarf vor allem der Durchlüftung, d. h. der Zuführung von Sauerstoff. Sehr pflanzenschädigend wirkt auch der Buttersäuregehalt des Röstwassers, der sich schon im Geruch unangenehm bemerkbar macht. Am schädlichsten aber dürfte der in den ersten Analysenangaben erwähnte Gehalt an Schwefelwasserstoff sein, der schon in sehr geringen Mengen als starkes Pflanzengift wirkt.

Da nun aber das Röstwasser bei dem Verfahren der Beregnung viele Meter weit in feinster Tropfenverteilung durch die Luft verspritzt wird, so war anzunehmen, daß Entlüftungs- und Oxydationsvorgänge die pflanzenschädigende Wirkung des Abwassers wesentlich herabsetzen würden. Das bestätigen auch schon die gemessenen Aziditätszahlen der verregneten Analysenprobe 3 gegenüber den nicht verregneten Analysenproben 1 und 2 des Tschirner Röstwassers.

Laboratoriumsversuche mittels eines Mariotteschen Tropfapparates ergaben eine Entsäuerung der fallenden Tropfen auf ihrem Luftwege in dem in Tafel 6 wiedergegebenen beträchtlichen Ausmaße.

Tafel 6. Entsäuerung fallender Röstwassertropfen.

Tropfenweg m	Verbrauch von $\frac{1}{10}$ n NaOH ccm			
	1. Versuch	2. Versuch	3. Versuch	4. Versuch
0	300	273	220	324
1	250	246		
2	240	236		
3	220	218		
4	210	204		
5	205	196	146	202

Das Röstwasser wurde dabei zwei Stunden nach der Entnahme aus dem Becken untersucht. Die Azidität betrug bei 5 m Tropfenweg also nur noch zwei Drittel der ursprünglichen.

Derselbe Entsäuerungsgrad wurde hingegen bei einem der Ueberstauung entsprechenden Versuch erst in 120 Stunden erreicht. Dazu wurde ein Teil des Röstwassers in einem offenen, ein

anderer in einem geschlossenen Gefäß aufbewahrt, und in bestimmten Zeitabschnitten wurden Säurebestimmungen durchgeführt. Sie ergaben:

Zeit nach Stunden	Offenes Gefäß ccm $\frac{1}{10}$ n Na OH	Geschlossenes Gefäß ccm $\frac{1}{10}$ n Na OH
0	300	300
24	245	254
48	220	235
72	215	220
120	205	210

Eine ähnliche Abnahme der Azidität zeigt der aus der Literatur entnommene, am Anfang dieses Abschnittes erwähnte Analysenbefund der Probe 6 und 7 vom 3. bis 10. Tage der Aufbewahrung.

Mit der Zeit schreitet also die Entsäuerung des Röstwassers immer weiter vor, und wenn nach beendeter Ueberstauung der Boden durch Pflügen gehörig durchgelüftet wird, so sind während der anschließenden Bodenbestellung Pflanzenschäden durch Säure nicht mehr zu befürchten. Im Gegenteil wird der hohe Kalkgehalt des Abwassers zu einer Alkalisierung des Bodens führen. Das zeigen folgende Versuche, die in Tschirne auf dem bisherigen Ueberstauungsgelände vorgenommen wurden.

1. Ein Ueberstauungsbecken, das vier Wochen vor der Probenahme das letzte Röstwasser erhalten hatte, zeigte vier neutrale und zwei alkalische Reaktionen. Der nicht überstaute benachbarte Boden war sauer. Bei dieser Ueberstauungsfläche lag allerdings eine geringe Beeinflussung durch Kalk vor, der bei der Kalkzuführung während der Beregnungsversuche in das Ueberstauungsbecken geleitet worden war. Doch war diese Kalkmenge unwesentlich im Vergleich zu der Gesamtmenge Röstwasser. Demnach kann die Entsäuerung des Bodens in der Krume vier Wochen nach der Aufbringung des Röstwassers als abgeschlossen gelten.

2. Die Ueberstauungsflächen, die zwei Monate vorher beschickt worden waren, wurden eingeebnet, mit der anschließenden nicht überstauten Feldfläche zusammen gepflügt, mit 10 dz je Hektar Aetzkalk versehen und mit Roggen eingesät. Die sechs Probenahmen der Oberkrume bei dem überstauten Feldteil waren alkalisch, die sechs Untergrundproben in 25—30 cm Tiefe gleichfalls. Die sechs Proben der nicht überstauten Fläche zeigten trotz der Kalkung saure Reaktion.

3. Die Ueberstauungsflächen, die hintereinander zwei Jahre mit Röstwasser beschickt worden waren, wurden im Frühling eingeebnet, mit 10 dz je Hektar Kalk versehen und mit Rüben bestellt. Sie zeigten im Herbst in der Ackerkrume und in 25—30 cm Tiefe neun neutrale und elf schwach alkalische Reaktionen. Das benachbarte, nicht überstaute Feld zeigte sich wieder sauer.

Da bei der Feldberegnung das Röstwasser schon erheblich entsäuert und auch nur in kleinen Mengen in den Boden gelangt, so wird hier die vollständige Entsäuerung noch sehr viel rascher fortschreiten. Das zeigen die Säurebestimmungen der mit Abwasser beregneten Versuchsparzellen, die bei geringen Regengaben schon nach vier bis fünf Tagen neutrale Reaktionen aufwiesen, was nach der später eingeführten Abstumpfung des Röstwassers mit Aetzkalk noch schneller erfolgte.

Immerhin hatte sich nun schon bei den Versuchen ergeben, daß die Entsäuerung eine gewisse Zeit erfordert und doch selbst bei der Beregnung zunächst noch ein erheblicher Säurerest im Wasser auf Pflanzen und Boden gelangen würde. Es mußte deshalb an Hand von Anbauversuchen ermittelt werden, ob die verbliebene sauerstoffzehrende Wirkung noch pflanzenschädlich war. Vorweg soll gleich erwähnt werden, daß im ersten Zeitabschnitt der Feldversuche, die mit unbehandeltem Abwasser durchgeführt wurden, tatsächlich eine Schädigung der Pflanzen in mehr oder weniger großem Maßstabe eintrat. Um diese zu beheben, wurde dann im zweiten Teil der Feldversuche eine Abstumpfung der Säuren im Röstwasser durch Zusatz von Aetzkalk vorgenommen.

Die Feldversuche sollten über folgende Fragen Auskunft geben:

1. Ist die Röstwasserverregnung überhaupt in der Vegetationszeit möglich?
2. Wie verhalten sich die einzelnen Pflanzenarten der Beregnung gegenüber?
3. In wie starken und wie vielen Regengaben darf das Röstwasser aufgebracht werden?
4. Ist eine Vorbehandlung des Röstwassers erforderlich?
5. Werden Mehrerträge erzielt, die für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens sprechen?

In Ergänzung der Feldversuche wurden auch noch unter Ausschaltung der äußeren Witterungseinflüsse Gefäßversuche durchgeführt.

5. Die Vorbereitung der Feldversuche.

Da die Anordnung der Feldversuche von den bestehenden Verhältnissen der Aufbereitungsanstalt in Tschirne abhängig war, soll vorerst ein kurzer Ueberblick über die dort vorhandenen Anlagen gegeben werden.

Das Röstwasser wird aus den Röstbecken einem großen Sammelbehälter zugeleitet. Von dort aus drückt eine Kolbenpumpe, die von der Hauptantriebswelle des Maschinenraumes angetrieben wird, das Röstwasser mit einem Druck von 2½ Atm. durch eine eiserne Muffenrohrleitung von 125 mm Lichtweite und 2½ km Länge auf die Ueberstauungsflächen. Die Leitung liegt 1,50 m tief im Boden, zieht sich erst durch fabrikeigenes Gelände und dann durch fremde Felder hin. Innerhalb des fabrikeigenen Geländes wird ein schmaler Streifen längs der Leitung als Ackerland verwendet. Die rechtsseitig anschließende Fläche ist Grasland und dient als Trockenplatz für den gerösteten Flachs. Da wir uns bei der Wahl des Versuchsfeldes auf fabrikeigenes Gelände beschränken mußten, so stand uns einerseits der schmale Ackerstreifen, andererseits das Trockenfeld zur Verfügung. Der Ackerstreifen war mit Winterroggen bebaut und für die zweckmäßige Durchführung der Versuche zu schmal. So blieb nichts weiter übrig, als ein Teil des Trockenplatzes umzubrechen und als Versuchsfeld zu benutzen.

In die unterirdische Stammleitung wurde an geeigneter Stelle ein Schieber und dicht davor ein Anschlußstutzen eingebaut. Der Schieber diente zum Absperren des gewöhnlichen Wasserweges in der Stammleitung. Der Anschlußstutzen trug an seinem Aufsatzrohr ebenfalls einen Schieber, an den eine kurze 8 m lange Feldleitung angeschlossen

war. Am Aufsatzrohr war ein Manometer angebracht. In der Feldleitung war ein Woltmannwassermesser von 100 mm Lichtweite eingeschaltet. Der Wassermesser gab zu verschiedenen Anständen Anlaß, indem sich vor dem Strömungsregler Flachsstrohteilchen ansammelten und dadurch zu Störungen im Wasserdurchfluß führten. Auch brachte das Abwasser zeitweise viel Luft mit sich, die im Wassermesser Luftsäcke bildete und ebenfalls ungleichmäßige Strömungserscheinungen veranlaßte. Die Genauigkeit des Messers ließ deshalb zu wünschen übrig, und er mußte häufiger ausgekuppelt und gereinigt werden. Für ähnliche Versuche dürfte sich ein Venturimesser besser empfehlen.

Das Ende der Feldleitung war durch einen Dreiwegehahn von 60 mm Lichtweite abgeschlossen, an den sich links und rechts der Feldleitung die beiden Schaltleitungen von 60 mm Lichtweite anschlossen. Die eine Schaltleitung war mit einem kantbaren Phönixregner von 60 mm Lichtweite und 48 m Länge, die andere Schaltleitung mit einem tragbaren Phönixregner von 40 mm Lichtweite und der gleichen Länge verbunden. Die gesamte Regenanlage war von der Hydorgesellschaft in Berlin-Mariendorf leihweise und kostenlos zur Verfügung gestellt worden, und wir nehmen die Gelegenheit wahr, der Firma für ihre Unterstützung unserer Versuche auch an dieser Stelle unseren verbindlichsten Dank zu sagen.

Abgesehen von den angeschweißten Kuppelungshaken, die verschiedentlich nachgeschweißt werden mußten, haben sich beide Regnerarten vorzüglich bewährt. Die Kuppelungen werden aber neuerdings als Stahlgußmuffenstücke ausgeführt, wobei nach eingehenden Versuchen ein Abbrechen der Haken nicht mehr eintritt. Die Zentrifugalstreudüsen mit 12 mm Oeffnungsweite ließen auch größere Strohteilchen anstandslos durch und haben niemals zu Verstopfungen Anlaß gegeben. Nur die letzte Düse an jedem Regner mußte etwa nach jedem zweiten bis dritten Stellungswechsel gereinigt werden. Die Regenverteilung war praktisch hinreichend gleichmäßig.

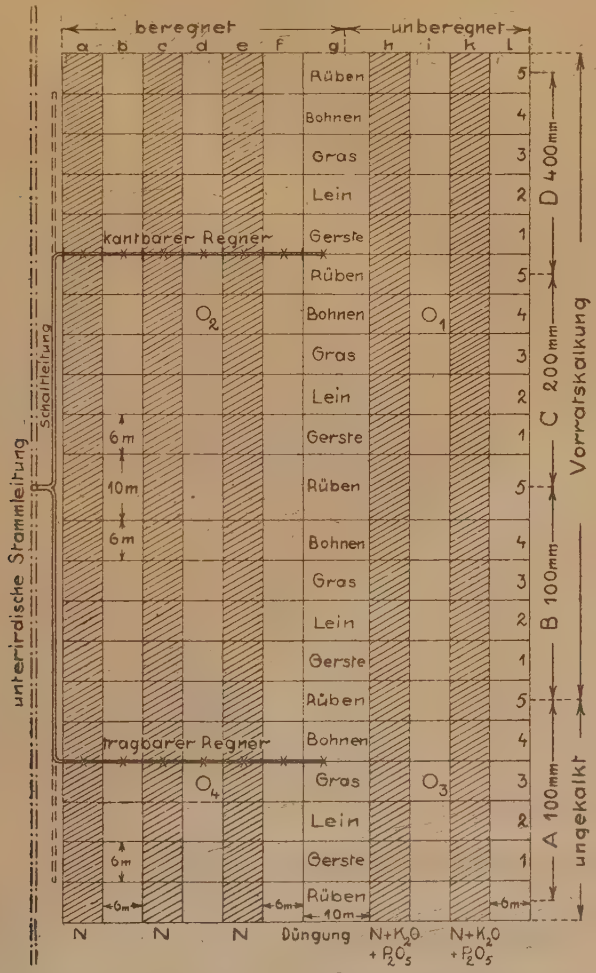
Der durch die Umstellung der Regner bewirkte Flurschaden war ohne Belang und kommt gegenüber dem erzielten Mehrertrag nicht in Frage. Bei dem tragbaren Gerät war ein Flurschaden überhaupt nicht zu erfassen. Bei dem kantbaren muß berücksichtigt werden, daß in dem einen Feldabschnitt der Flügel wöchentlich zweimal, in dem anderen wöchentlich einmal die ganze Versuchsperiode hindurch bewegt wurde und dabei nicht immer die gleiche Spur innegehalten werden konnte. Bei der gewöhnlichen Feldberegnung ist deshalb der Flurschaden nur ein Bruchteil des hier festgestellten. Die Auszählungen ergaben:

Pflanzenart	Halme oder Pflanzenmenge je 36 qm	Anzahl der beschädigten Pflanzen oder Halme je 36 qm	Flurschaden in %
Gerste	16 320 Halme	70 Halme	0,43 %
Bohnen	520 Pflanzen	6 Pflanzen	1,15 %
Rüben	312 Rüben	2 Rüben	0,64 %
Senf	20 400 Pflanzen	160 Pflanzen	0,77 %

Diese an und für sich unbedeutenden Verluste ließen sich noch vermindern, wenn die Radspur nicht quer, sondern längs der Drillmaschinen-

spur verlaufen wäre. Größere Schädigungen wurden an den Stellen verursacht, wo die Regnerflügel an die Schaltleitung angeschlossen waren. Durch das Zurückfließen der in der Rohrleitung befindlichen Wassermengen wurde der Boden aufgespült und die Pflanzen zum Teil fortgeschwemmt. Außerdem verursachte das hier ausfließende Röstwasser durch seine Sauerstoffzehrung eine schwere Schädigung des Pflanzenwuchses. Diese Stellen haben in jeder Regnerstellung ein Ausmaß von etwa 0,5 qm und werden sich bei größerer Länge der Regner anteilmäßig

Tafel 7.



O Entnahme der Bodenproben

vermindern. Das Anbringen eines Verschlußschiebers oder auch nur das Abschließen des Rohrendes mit einem Holzstöpsel kann außerdem diesem Uebel abhelfen.

Die Regnerdüsen und Stellungen sind jeweils 6 m voneinander entfernt. Die mit derselben Pflanzenart bestellten Feldstreifen lagen zwischen je zwei Regnerflügelstellungen. Senkrecht zu den Flügelstellungen war eine Einteilung der Streifen in Parzellen durchgeführt, die abwechselnd

mit und ohne Zusatzdüngung von Stickstoff bedacht waren und die der Streuweite der Regendüsen entsprechend 6 m Breite erhielten. Eine Parzelle hatte somit ein Ausmaß von 36 qm. Anstoßend an die zu beregnende Fläche wurden unberegnete Vergleichsparzellen angelegt, die ebenfalls in Streifen von 6 m Breite wechselweise gedüngt und ungedüngt blieben. Diese Parzellen hatten also die gleichen Flächenausmaße wie die beregneten und waren von diesen durch einen Schutzstreifen von 10 m Breite getrennt. Somit ergibt sich die in Tafel 7 wiedergegebene Versuchsanordnung.

Die Vorbereitung des Versuchsfeldes war mit großen Schwierigkeiten verknüpft. Das Trockenfeld wurde am 30. und 31. März 1924 umgebrochen, geeggt und gewalzt. Nach 14tägiger Ruhepause wurde dann in Zeiträumen von je 8 Tagen das Feld gründlich durchgearbeitet, d. h. wiederholt gekrümmert und geeggt und wieder gewalzt. Durch einen Teil der Trockenfläche hatte sich ein Feldbahngleis hingezogen. Nach dem Umbruch stellte es sich heraus, daß dieses teilweise mit Schlacke unterbaut war. Diese mußte sorgfältig entfernt werden, gleichzeitig wurden bei jeder neuen Bearbeitung des Feldes die Quecken und Grasbülten abgelesen. Trotz unermüdlicher Arbeit war es nicht möglich, das Feld in so kurzer Zeit in ein ideales Versuchsfeld umzuwandeln. Die vorgeschrittene Jahreszeit drängte zur Einsaat. Am 7. Mai wurde das Feld ausgemessen, die Parzellen abgesteckt und die einzelnen Kunstdünger- und Stallmistgaben eingebracht. Ferner erhielten drei Viertel der Versuchsfläche eine Kalkung mit 3 dz Aetzkalk und 6 dz kohlensaurem Kalk je Hektar, um die Säurewirkung des Röstwassers im Boden abzuschwächen, zumal dieser schon eine saure Reaktion zeigte. Das letzte Viertel der Versuchsfläche blieb ohne Kalkung, um die Wirkung des Röstwassers auf nicht gekalktem Boden beobachten zu können.

6. Die Bodenbeschaffenheit.

Um sowohl über die physikalischen als auch chemischen Eigenschaften des Bodens unterrichtet zu sein, wurden Bodenproben entnommen, die von mir auf ihre spezifische Oberfläche hin und vom Forschungsinstitut für Faserstoffe in Sorau N.-L. auf ihren Gehalt an Nährstoffen mittels der chemischen Bodenanalyse untersucht wurden. Tafel 8 zeigt das Ergebnis der Hauptuntersuchungen.

Tafel 8.

Lfd. Nr.	Bodenbezeichnung	Spezif. Oberfläche		Nährstoffgehalt der Oberkrume				Bodenreaktion
		Oberkrume	Untergrund in 70-80 cm Tiefe	Ges. N	in H Cl lösl. P_2O_5	K_2O	Ca O	
1	C 1	141,8	309,8	36,65	68,70	57,00	68,97	schwach sauer
2	C 2	133,2	239,5	41,27	74.28	44,80	39,30	„
3	A 1	193,8	111,5	36,28	56,40	42,97	48,26	„
4	A 2	159,3	117,0	69,20	72,92	58,30	43,80	„

Die spezifischen Oberflächen der Oberkrume besagen, daß der Boden ziemlich gleichmäßig in seiner Korngrößenzusammensetzung ist und der Gruppe der sandigen Lehme angehört. Der Untergrund in 70 bis 80 cm

Tiefe zeigt größere Schwankungen. Die Untergrundböden C 1 und C 2 sind der Gruppe der sandigen Lehme zuzurechnen, liegen aber schon dicht an der Grenze der gewöhnlichen Lehme. Die Untergrundböden A 1 und A 2 sind der Gruppe der lehmigen Sande einzureihen. Die Ernteergebnisse mußten von dieser Verschiedenheit des Untergrundes beeinflußt werden.

Um einen Ueberblick zu erhalten, in wieweit eine Nährstoffanreicherung durch das Röstwasser erfolgt, wurden Versuche mit Durchschnittsproben nach der Methode Neubauer angestellt, deren Ergebnisse aus nachstehender Tafel 9 ersichtlich sind.

Tafel 9.

100 g Boden haben einen Gehalt in mg an	K_2O	P_2O_5
Nr. 1 nicht beregnet	22,18	4,03
Nr. 1 mit Röstwasser beregnet	50,60	13,15
Anreicherung bei 60 mm Kunstregen	28,42	9,12
Nr. 2 nicht beregnet	32,57	8,02
Nr. 2 mit Röstwasser beregnet	54,66	17,07
Anreicherung bei 60 mm Kunstregen	22,09	9,05

Es geht daraus hervor, daß der Boden eine bedeutende Nährstoffanreicherung durch 60 mm Röstwasserkunstregen erhalten hat.

Aus der Auftragung der Ernteerträge geht hervor, daß im allgemeinen die Güte des Feldes vom Längsstreifen a nach dem Längsstreifen f hin zunimmt und dann nach l wieder abnimmt. Dies prägt sich in den Feldstücken Da, Db, Dc gegenüber Dd, De, Df besonders stark aus und ist auf die stauende Nässe zurückzuführen, die hier durch die besonders starke Beregnung und die geringere Durchlässigkeit des Untergrundes der Flächen Da bis Dc hervorgerufen worden ist. Auf den Feldstücken Da bis Dc wurde in 70 bis 80 cm Tiefe eine spezifische Oberfläche von 474 gefunden gegenüber nur 156 auf den Stücken Dd bis Df.

Auf den Teilflächen Ae und Af war der Boden duch Schlacke verunreinigt, die unter dem aufgenommenen Feldbahngleis gelegen hatte. Der Einfluß der Schlacke machte sich durch eine Ertragsminderung auf den bezeichneten Flächenstücken bemerkbar.

Aus den näheren Untersuchungen ist zu entnehmen, daß Ungleichheiten des Bodens im wesentlichen nur in Richtung der Regnerflügel vorhanden sind, die man dadurch hinreichend genau ausschalten kann, daß man die Erträge der gleichbehandelten Parzellen mittelt.

7. Der Pflanzenanbau und die Beregnung des Feldes.

Um einen Ueberblick zu erhalten, wie die wichtigsten Gruppen der Kulturpflanzen sich gegen eine Beregnung mit Röstwasser verhalten,

wurden angebaut: als Vertreter der Sommerhalmfrüchte Gerste, aus der Gruppe der Faserpflanzen Lein und im Ersatz Hanf, von den Leguminosen Pferdebohnen, von den Wiesen- und Weidegräsern Welsches Weidelgras und von den Hackfrüchten Rüben. Diese Pflanzen wurden in vierfacher Wiederholung auf den 6 m breiten Querstreifen angeordnet, die in Richtung der Regnerflügel verliefen. Die Rüben wiederholten sich als Rand- oder Zwischenparzellen fünfmal.

Gedüngte und ungedüngte Längsstreifen gliederten dann die Querstreifen in $6 \times 6 = 36$ qm große Parzellen. Innerhalb des beregneten Gebietes erhielten die Düngungsstreifen 0,5 dz/ha Schwefelsaures Ammoniak, weil das Röstwasser verhältnismäßig stickstoffarm ist. Innerhalb des unberegneten Gebietes wurden auf den Düngungsstreifen folgende Kunstdüngergaben verabfolgt:

2 dz/ha Schwefelsaures Ammoniak,
2 dz/ha 40 v H Kalisalz,
3 dz/ha Superphosphat.

Nur die für die Rüben vorgesehenen Parzellen erhielten zu dieser Kunstdüngergabe noch 300 dz/ha gut verrotteten und gut durchmischten Stallmist.

Da es bei dem Landmangel, unter dem die meisten Rösten leiden, für die Unterbringung des Röstwassers erwünscht sein wird, die intensivste Beregnung durchzuführen, d. h. die größte Wassermenge auf eine Flächeneinheit aufzubringen, wurde den Versuchen folgender Beregnungsplan zugrunde gelegt:

Durch eine verschieden starke Kunstregenhöhe in drei Abstufungen sollte festgestellt werden, welche Mengen Röstwasser in einer Vegetationszeit den Pflanzen zweckmäßig zuzuführen sind. Die Feldteile A und B erhielten während der Vegetationszeit 100 mm Kunstregen. Nach Tafel 4 enthält diese Abwasserhöhe soviel Nährstoffe, wie sie einer ausgiebigen Kunstdüngergabe gleichkommt. Die Gruppe A unterscheidet sich dadurch von B, daß sie keine Vorratskalkung erhalten hatte. C erhielt 170 mm, D 280 mm Kunstregen. Die einzelnen Regengaben erfolgten in Mengen von 15 mm bei den Gruppen A, B und C und 20 mm bei Gruppe D.

Da meistens in der Praxis die Notwendigkeit vorliegen wird, noch außerhalb der Wachstumszeit Abwasser unterzubringen, so war auch noch v o r der Einsaat eine Regengabe verabfolgt worden, die je nach der Gruppe 15 bis 30 mm stark war. Damit sollten gleichzeitig den jungen Pflanzen im ersten Wachstumsstadium Nährstoffe zur Verfügung gestellt werden. Die eigentliche Beregnung setzte erst drei Wochen nach der Einsaat am 30. Mai ein. Sie wurde periodisch so durchgeführt, daß den Gruppen A und B alle 10 Tage ohne Rücksicht auf natürliche Niederschläge vorerst dreimal je 15 mm, der Gruppe C alle 5 Tage fünfmal je 15 mm und der Gruppe D alle 3 Tage siebenmal je 20 mm künstlicher Regen gegeben wurde. Eine Zusammenstellung der im Laufe der einzelnen Perioden verabreichten Regenmengen, ausgedrückt in Millimeter Regenhöhe, findet sich in nachstehender Tafel 10.

Tafel 10. Kunstregengaben.

Tag und Monat	Kunstregen in mm auf den Feldstücken A	B	C	D	Mit oder ohne Kalkung d. Abwassers	Bemerkungen
5.—6. V	15	15	20	23	ohne	vor der Einsaat
30. V—19. VI	43	43	76	125	ohne	in der Wachstumszeit
1. VII—31. VII	42	42	74	122	mit	„
Zusammen bis zur Ernte	100	100	170	280		
27. VIII—25. IX	60	60	60	65	mit	für die Stoppelfrüchte
Zusammen 5. V—25. IX	160	160	230	345		

Nach den einzelnen Regengaben machten sich schädliche Wirkungen bemerkbar, die um so stärker auftraten, je größere Regengaben aufgebracht wurden und je häufiger sie aufeinander folgten. Daraus ergab sich, daß die Beregnung allein die sauerstoffzehrende Wirkung des Röstwassers nicht ausreichend beseitigte. Um die Feldstücke nicht noch stärker zu schädigen, wurde die Beregnung bei allen Parzellen 14 Tage lang unterbrochen.

Die Abstumpfung des Röstwassers hätte nun entweder durch seine Verdünnung mit Reinwasser oder durch Zugabe von Aetzkalk oder anderer chemischer Mittel erfolgen können. Mit Rücksicht auf die vorliegenden Betriebsverhältnisse und den Umstand, daß eine Vermehrung der sowieso schon beträchtlichen Abwassermengen durch Reinwasser in den meisten Fällen unerwünscht sein wird, wurde zur Abstumpfung mit Kalk gegriffen. Da ein solcher Zusatz in den als Sammelbehälter ausgebauten Pumpensumpf ein Ausflocken und Absetzen aus dem Röstwasser zur Folge gehabt hätte, mußte die Mischung auf andere Weise vorgenommen werden.

Eine automatische Kalkung mit Zuführung des Aetzkalkes in das Saugrohr der Pumpe wurde eingeführt. Ein Kasten aus starkem Eisenblech mit den Ausmaßen 100 : 60 : 80 wurde durch eine Querwand in einen großen und einen kleinen Raum geteilt. In dem großen erfolgte regelmäßige Wasserzuführung von dem Druckrohr der Pumpe aus und gleichmäßige Zuführung gelöschten Aetzkalks mittels Schnecke. Kalk und Wasser wurden durch ein Rührwerk vermischt. Die Kalkmilch floß in den abgetrennten kleinen Raum ab und von diesem durch ein Rohr in das Saugrohr der Pumpe. Auf dem Wege durch die Pumpe und die Sammelleitung mit anschließendem Regner wurde eine innige Vermischung der Kalkmilch mit dem Röstwasser erzielt. Ablagerungen innerhalb der Rohrleitung wurden nicht wahrgenommen. Durch Regulierung der Zuführung konnte der Kalkzusatz in gewünschter Menge erfolgen.

Versuche und Messungen ergaben, daß etwa 1½ kg Aetzkalk ausreichten, um 1 cbm Röstwasser im frischen Zustande zu neutralisieren, daß aber für unsere Zwecke schon ½ kg Aetzkalk die Sauerstoffzehrung soweit einschränkte, daß die pflanzenschädigende Wirkung beseitigt wurde. Eine vermehrte Kalkzuführung würde mit der Zeit eine stärkere

Alkalisierung des Bodens bewirken, wie auf Seite 200 klargelegt wurde. Mit der Abwasserhöhe von 100 mm, das sind 1000 cbm/ha, würden dann einem Hektar 500 kg oder 5 dz Aetzkalk zugeführt werden. Das ist eine Kalkmenge, wie sie im allgemeinen den Böden durchaus zuträglich ist. Dadurch wird der Boden auch in Krümelstruktur erhalten, die dem Pflanzenwuchs besonders förderlich ist.

Eine Ergänzung der Versuche wäre durch Vergleichsparzellen, die mit reinem Wasser zu beregnen wären, erwünscht gewesen. Dies ließ sich aber nicht durchführen, da ein Anschluß der Regner an eine Reinwasserleitung bzw. einen Brunnen nicht ohne erhebliche Mehrkosten hätte erfolgen können.

Um den verschiedenen Einfluß von Röstwasser und Reinwasser auf Pflanzen und Boden nicht vollständig unerörtert zu lassen, ist er im Rahmen der Gefäßversuche untersucht worden. Es ist aber anzunehmen, daß bei den hohen, gleichmäßig über die ganze Versuchsdauer verteilten natürlichen Regenmengen von 350 mm durch künstliche Beregnung mit reinem Wasser wesentliche Mehrerträge nicht erzielt worden wären. Deshalb trat auch der Wasserwert des Röstwassers, der in trockeneren Jahren sehr ertragsteigernd gewirkt hätte, in diesem Jahre sehr in den Hintergrund.

Der Witterungsverlauf des Versuchsjahres 1924 ist aus nachstehender Tabelle 11 zu erkennen. Vorangegangen war ein sehr harter, langer und schneereicher Winter.

Tafel 11. Natürliche Niederschläge.

Zeitraum	Sonnen-Tage	bedeckte Tage	Landregen mm	Gewitterregen mm	Ges. Regen mm
15.—31. 5.	9	8	26,0	45,4	71,4
1.—15. 6.	9	6	26,7	29,0	55,0
16.—30. 6.	10	5	12,0	2,6	14,6
1.—15. 7.	11	4	1,2	11,0	12,2
16.—31. 7.	8	8	18,4	—	18,4
1.—15. 8.	6	9	20,9	12,5	33,3
16.—31. 8.	6	10	31,7	11,9	43,6
1.—15. 9.	9	6	29,2	2,6	31,8
16.—30. 9.	10	5	38,0	—	38,0
1.— 5.10.	2	3	31,0	—	31,5
				zusammen	350,0

8. Der Verlauf des Pflanzenwachstums und die Ernteergebnisse.

Die Einsaat der Versuchspflanzen erfolgte auf dem ganzen Felde am 8. Mai 1924.

Als Gerste gelangte Försters Hanna in einer Menge von 110 kg je Hektar und einer Reihenweite von 22 cm zur Aussaat. Am Nachmittag das Einsaattages setzte Gewitterregen ein, der ein Zueggen der Saat verhinderte. Saatkrähen und Rebhühner richteten unter der gut auflaufenden Saat starken Schaden an, der noch durch zahlreiche Laufkäfer (Carbiden) vergrößert wurde. Die Käfer legten das erste Keimblatt bloß, fraßen es an seiner Basis durch und drangen von dieser Stelle aus

in den Mehlkörper ein. Der Bestand wurde auf diese Weise lückig und mußte streckenweise mit der Hand nachgelegt werden. Trotz zweimaliger Hacke verqueckte infolge dieser Schädigung die Gerste so stark, daß ihr lückiger Bestand nicht wieder ausgeglichen werden konnte. Da die Witterung an und für sich feucht war, ging die Saat zwar überall gleichmäßig auf, doch verhinderten die besprochenen Schäden die weitere günstige Entwickelung, so daß der Bestand der Gerste nicht mehr als sichere Grundlage für die Beurteilung der Wirkung der Beregnung gelten kann.

Durch die saure Beregnung der ersten Periode wurden die Blattspitzen durchweg braun und starben ab. Auf den Blättern selbst bildeten sich weiße Flecke. Diese Erscheinung ähnelte sehr derjenigen, die wir öfter nach Kopfdüngung mit vereinzelten Düngersorten an sonnigen Tagen beobachten. Sie ist also wohl darauf zurückzuführen, daß die an den Blättern haften gebliebenen Röstwassertropfen in der Sonnenhitze verdunsteten und eine Salzschicht hinterließen, die in der gleichen Weise wie der genannte Kunstdünger auf die Blätter wirkte. Erfolgte die Beregnung an bedeckten Tagen oder bei Regenwetter, so trat vorgenannte Schädigung nicht auf. Die D-Gruppen der beregneten Parzellen und ebenso die Stellen der anderen Gruppen, wo ein starker Röstwasserausfluß aus dem Regner stattfand, wiesen ernstlichere Schäden auf. Die Blätter färbten sich braun und starben zum Teil ab. Die Pflanzen wurden dadurch am geregelten Schossen behindert, entwickelten aber frische Seitentriebe und zeigten 26 bis 30 Halme. Unter Wirkung der sauren Reaktion des Röstwassers verkrustete der Boden sehr stark und ging in Einzelkornstruktur über. Das öftere Hacken riß den verschlämmten Boden wieder auf, brachte den Wurzeln frischen Sauerstoff und mag so der Bestockung förderlich gewesen sein.

Die Parzellen A, B und C hielten in ihrer Entwickelung mit den unberegneten ungedüngten Vergleichsparzellen ungefähr Schritt, fielen aber gegen die mit Kunstdünger versehenen Parzellen stark ab. Die beregneten D-Parzellen blieben gegen die anderen sehr im Rückstande. Nach der Einführung der Kalkung in der zweiten Periode erholten sich insbesondere die D-Parzellen zusehends. Die vorher beobachteten Schädigungen verschwanden. Durch die Beregnung trat gegenüber den unberegneten Vergleichsparzellen eine Reifeverzögerung von 8—10 Tagen ein, die sich wiederum in den starkberegneten Parzellen am deutlichsten ausprägte. Zur Zeit der Ernte waren die erst später geschossenen Halme noch in der Milchreife und teilweise noch garnicht richtig entwickelt, so daß wegen der Gefahr des Ausfallens der überreifen Körner die Ernte nicht noch länger verschoben werden konnte.

Wie Tafel 12 zeigt, erhalten wir durch den lückigen Bestand derartig voneinander abweichende Teilergebnisse, daß ihre Auswertung zwecklos ist. In der Beobachtung des Gesamteindruckes muß aber gesagt werden, daß die Ernte, abgesehen von ihrem lückigen Bestande, trotz der vorhergegangenen Schädigung durch die erste Regenperiode günstiger beurteilt werden muß, als die der ungedüngten, unberegneten Parzellen, worauf schon das in der Tabelle angegebene 1000-Korngewicht schließen läßt, wobei zu beachten ist, daß das 1000-Korngewicht erst nach achtwöchentlicher Lagerung der Körner im trockenen Raume ermittelt wurde.

Tafel 12. Gerstenerträge (Korn- und Stroh-Gewicht).

Gruppe	beregnete Parzellen a	b	c	d	e	f	unberegnete Parzellen h	i	k	l	Maßbezeichnung
	5,850	5,620	3,340	4 280	5,580	5,480	11,890	6,980	12,410	8,720	kg/16 qm
D	36,55	35,10	20,85	26,75	34,85	34,25	74,25	43,60	77,60	54,50	dz/ha
	53,80	53,40	53,10	52,90	53,90	53,30	53,00	51,45	52,30	51,50	1000/Korn-Gew.
	8,720	7,220	7,900	10,240	8,430	4,180	13,010	9,220	10,730	8,970	kg/16 qm
C	54,50	45,10	49,40	64,00	52,70	26.15	81.40	57,60	67,10	56,00	dz ha
	54,80	53,90	55,15	53,50	55,40	54,20	53,30	52,20	52,05	50,70	1000/Korn-Gew.
	5,200	3,210	3,830	5,870	8,340	5,840	9,970	9,370	10,570	9,600	kg/16 qm
B	32,50	20,05	23,95	36,65	52,05	36,45	62,30	58,55	66.00	60,00	dz/ha
	54,20	53,25	54,05	53,25	53,75	54,30	53,70	51,35	53,25	50,45	1000/Korn-Gew.
	4,560	5,090	6,840	5,080	8,150	3,820	6,130	4,230	5.890	3,880	kg/16 qm
A	28,55	31,80	42,70	31,75	50,95	23,85	38.35	26,45	36.80	24,25	dz/ha
	52,15	53,30	53,05	52,20	53,95	53,50	52.75	51.55	52,20	50,90	1000/Korn-Gew

Es sei noch bemerkt, daß durchweg zur Aufwertung der Ernteergebnisse nur die innerhalb jeder 6 × 6 qm großen Parzelle liegende 4 × 4 = 16 qm große Fläche herangezogen wurde. Es blieb also jedesmal eine Randfläche von 1 m Breite unberücksichtigt.

Als Lein kam v. Lochows Stamm 7 Original in einer Stärke von 150 dz je Hektar in 10 cm Reihenentfernung zur Aussaat. Die Saat lief gut auf und entwuchs bei der feuchten Witterung sehr schnell dem Erdfloh. Auf den vor der Aussaat beregneten Parzellen zeigte sich eine geringe Verlängerung des Hypokotyls. Die nicht gedüngten Vergleichsparzellen blieben gegenüber den anderen etwas im Wachstum zurück. Das Röstwasser richtete unter den jungen Pflänzchen großen Schaden an. Am Tage nach der Beregnung war kaum eine Pflanze ohne deutliche Spuren weitgehendster Schädigung. Die Blätter waren durchweg zusammengerollt, dunkelbraun und abgestorben. Im Laufe der nächsten Tage entwickelten sich mit den Sproßkegeln neue Blätter, die aber bei der nächsten Beregnung meist wieder vernichtet wurden. Die D-Parzellen, welche jeden dritten Tag Kunstregen erhielten, gingen vollständig ein. Die anderen Flächen wurden sehr lückig. Die Pflanzen, die durchhielten, entwickelten infolge der wiederholten Wachstumsstörung bis zu vier Seitentriebe. Es ist also hier ein vollständiger Mißerfolg durch die Beregnung des Leins mit Röstwasser zu verzeichnen, der auch nicht mehr durch die später erfolgte Kalkzuführung ausgeglichen werden konnte. Die Pflanzen wurden nun zwar nicht mehr beschädigt, aber sie blieben klein und waren trotz der dann kräftigen Entwickelung durch ihre Verästelung und Bestockung zur Fasergewinnung nicht mehr brauchbar.

Tafel 13. Leinerträge (Gesamtgewicht).

Gruppe	beregnete Parzellen a	b	c	d	e	f	unberegnete Parzellen h	i	k	l	Maßbezeichnung
C	4,620	4,140	3,330	4,540	4,710	5,000	6,830	6,790	7,310	5,420	kg/16 qm
B	5,760	4,670	5,690	5,650	5,840	4,670	8,580	7,510	7,650	7,250	kg/16 qm
A	4,580	3,530	4,030	4,380	4,420	3,480	6,640	5,930	6,120	5,890	kg/16 qm

Die Ernteergebnisse (siehe Tafel 13) im beregneten Teil sind auch dermaßen gering, daß von einer Auswertung Abstand genommen werden muß. Es ist möglich, daß die Pflanzen sich normal entwickelt hätten, wenn die Abstumpfung des Röstwassers mit Kalk von Beginn der Beregnung an vorgenommen worden wäre; denn der bei der Ernte ausgefallene Samen kam später zum Keimen und entwickelte sich bei der Beregnung mit abgestumpftem Röstwasser ganz normal. Ob sich unter diesen Umständen ein Anbau empfehlen wird, sei dahingestellt, da immerhin Kalk ungünstig auf die Faser einwirkt.

Da der Lein in der Gruppe D durch die dort 155,7 mm starken sauren Röstwassergaben vollständig verschwunden war, wurde die Fläche geschält.

Anschließend wurde auf dem Feldteil D Hanf zu einem Zwischenversuch am 4. Juli eingesät. Der stark säureempfindliche Hanf sollte ein Wegweiser für die Höhe der zur Abstumpfung erforderlichen Kalkmengen sein. Zur Zeit der Einsaat zeigte der Boden noch saure Reaktion, die sich auch durch die gelbgrünen Keimblätter deutlich ausdrückte. Bald nach der Beregnung mit abgestumpftem Röstwasser verschwand diese Erscheinung und eine gewisse Frohwüchsigkeit zeigte sich. Diese ist wohl hauptsächlich auf die

Tafel 14. Hanferträge.

Gruppe	beregnete Parzellen						unberegnete Parzellen				Maßbezeichnung
	a	b	c	d	e	f	h	i	k	l	
D	14,570	15,690	16,370	25,600	31,700	29,750	17,730	13,200	15,510	11,050	kg/16 qm [1]
	91,06	98,00	102,20	160 00	198,10	186,00	110,90	82,50	97,00	69.10	dz/ha [1]
	19,09	18,68	18,63	18,20	18,85	17,92	20,28	20,80	21,20	20,45	% Trockenmasse
	2,780	2,930	3,050	4,660	5,975	5,145	3,600	2,745	3,290	2,265	kg/16 qm [2]
	17,38	18,30	19,05	29,15	37,35	32,15	22,50	17,18	20,58	14,14	dz/ha [2]

[1]) Grüne Masse. [2]) Lufttrockene Masse.

großen Feuchtigkeitsmengen zurückzuführen, denn es wurden bis zum 20. August neben den 71,9 mm betragenden natürlichen Niederschlägen noch 121,45 mm Röstwasserregen aufgebracht. Aber ohne den ausreichenden Vorrat an Nährstoffen hätte die Feuchtigkeit wohl kaum zur Erzeugung der beobachteten Pflanzenmassen ausgereicht. Zuviel Feuchtigkeit machte sich in den Teilparzellen a, b und c bemerkbar, deren spezifische Oberfläche, wie schon erwähnt, in einer Tiefe von 70—80 cm 474 betrug. Durch diese Zahl wird ausgedrückt, daß hier der Untergrund aus schwerem Lehm besteht, der das Wasser nicht versickern ließ und somit stauende Nässe verursachte, wodurch sich eine gewisse Sauerstoffzehrung fühlbar machte. Trotzdem überflügelten sie mit ihren Erträgen die unberegneten Parzellen. Dagegen blieben sie im Vergleich zu den Nachbarflächen d, e und f stark zurück. Hier deutet die spezifische Oberfläche in 70—80 cm Tiefe mit der Zahl 156 durchlässigen sandigen Lehm an.

Da der auf den Düngungsstreifen der beregneten Fläche eingebrachte Stickstoffdünger nur 10 kg/ha betrug und zur Vorfrucht gegeben wurde, so dürfte es zuverlässig sein, ihn bei der Auswertung der Ernteergebnisse

des Hanfes unberücksichtigt zu lassen. Dann ist es möglich, die Parzellen a, b und c einerseits, und d, e, f andererseits gruppenweise zum Vergleich heranzuziehen. (Siehe Tafel 14.) So finden wir unter Berücksichtigung der Gruppe d, e, f einen Mehrertrag von 17,223 ± 2,2 dz/ha = 52,3 v H Hanfstroh gegenüber den nicht beregneten, ungedüngten Parzellen i und l, und selbst einen Mehrertrag von 11,343 ± 1,96 dz = 34,5 v H der Gruppe d, e, f gegenüber den gedüngten Parzellen h und k.

Diesen Erträgen gegenüber bleibt ein Mehr von 5,88 dz je Hektar gleich 27,3 v H der gedüngten im Vergleich zur ungedüngten Fläche stark zurück. Die beregnete grüne Masse zeigte zur unberegneten einen größeren Feuchtigkeitsgehalt von 2,12 ± 0,2 v H.

Berücksichtigt man dabei, daß die vorliegenden Ergebnisse innerhalb 6½ Wochen erzielt wurden — der Hanf wurde gleich nach der Blüte

Tafel 15. Graserträge (1. Schnitt).

Gruppe	beregnete Parzellen						unberegnete Parzellen				Maßbezeichnung
	a	b	c	d	e	f	h	i	k	l	
D	8,340	8,530	8,820	8,800	10,350	10,230	23,740	14,320	22,980	13,680	kg/16 qm Grünmasse
	52,10	53,25	55,10	55,00	64,70	64,00	148,20	89,50	143,50	85,50	dz/ha ,,
	11,40	11,26	12,05	11,61	14,13	13,52	47,00	27,35	45,50	26,15	dz/ha Heu
	12,20	11,95	12,20	11,95	12,20	11,95	11,97	10,73	11,97	10,73	% Feuchtigkeit
	10,01	9,91	10,58	10,22	12,41	11,90	41,38	24,41	39,95	23,34	dz ha Trockenmasse
C	13,890	13,650	16,860	16,790	17,980	17,450	24,350	13,930	23,940	12,980	kg 16 qm Grünmasse
	86,80	85,40	105,20	104,90	112,20	109,00	152,00	87,20	149,50	81,10	dz/ha ,,
	21,65	19,70	26,30	24,90	28,05	25,80	48,15	30,50	47,40	24,80	dz/ha Heu
	11,97	11,79	11,97	11,79	11,97	11,79	12,10	10,80	12,10	10,80	% Feuchtigkeit
	19,06	17,38	23,15	21,96	24,79	22,76	42,32	27,20	41,67	22,12	dz ha Trockenmasse
B	18,830	17,530	17,800	17,110	16,920	16,290	23,520	14,990	23,400	12,680	kg/16 qm Grünmasse
	117,70	109,60	111,10	107,00	105,80	101,80	146,90	93,60	146,10	79,20	dz/ha ,,
	32,45	29,25	30,20	29,00	28,85	27,20	46,50	28,65	46,35	24,20	dz/ha Heu
	11,17	11,44	11,17	11,44	11,17	11,44	12,66	10,31	12,66	10,31	% Feuchtigkeit
	28,83	25,90	26,83	25,68	25,63	24,08	41,62	25,69	41,48	21,70	dz/ha Trocke masse
A	17,550	17,380	18,430	19,030	18,390	16,400	18,830	14,500	20,450	14,350	kg/16 qm Grünmasse
	109,60	102,20	115,10	118,90	114,80	102,30	117,80	90,60	127,90	89,70	dz/ha ,,
	33,10	30,55	34,70	35,45	34,60	30,29	37,18	27,75	40,50	27,45	dz/ha Heu
	11,36	11,74	11,36	11,74	11,36	11,74	12,13	10,96	12 13	10,96	% Feuchtigkeit
	29,34	26,97	30,76	31,29	30,67	26 73	32,67	24,71	35,59	24,44	dz/ha Trockenmasse

geerntet, um das Feld wieder frei zu bekommen —, so kann diesmal unzweifelhaft von einer Förderung des Wachstums durch das Röstwasser gesprochen werden.

Als Vertreter der Wiesen und Weiden wurde wegen seiner Raschwüchsigkeit im ersten Jahre Welsches Weidelgras gewählt. Es wurden 50 Kilogramm je Hektar in einer Reihenentfernung von 22 Zentimetern ausgesät. Das Gras lief gut und regelmäßig auf und zeigte sich auf dem vorberegneten Teil einen Tag früher. Nach drei Wochen hoben sich die mit Stickstoff und ebenso die mit Volldüngung versehenen Parzellen deutlich von den anderen ab. Durch die saure Beregnung wurde die Entwickelung des Grases sehr ungünstig beeinflußt. Die Flächen A und B konnten mit den unberegneten noch Schritt halten. Ihr geringer Mehr-

ertrag liegt im Bereiche der Fehlergrenzen. Das Feldstück C zeigt dagegen schon einen geringen Minderertrag, während von D 60—75 v H Trockenmasse weniger geerntet wurde als im nicht beregneten Teil. Tafel 16 zeigt die Verteilung der Regenmengen.

Tafel 16.

Zeitabschnitte	mm Kunstregenmengen i. d. Feldstücken A	B	C	D
Vor der Einsaat ungekalktes Röstwasser	15,30	15,30	21,20	33,70
In der Wachstumszeit ungekalktes Röstwasser	43,44	42,64	72,43	124,18
In der Wachstumszeit vorgekalktes Röstwasser	14,00	9,52	14,01	21,44
Gesamte Röstwassermenge bis z. 1. Schnitt	72,74	67,46	107,64	179,32

Der erste Schnitt erfolgte am 13. und 14. Juli; kurz nachdem die Abstumpfung mit Kalk eingeführt worden war, diese konnte also nicht mehr zur Wirkung kommen. Aus den Ergebnissen des ersten Schnittes ist mithin zu folgern, daß das saure Röstwasser schädigend auf den Pflanzenwuchs einwirkte und dies in größerem Maße bei zunehmender Röstwassermenge. Das Gras selbst sah verkümmert aus, hatte braune Farbe, abgestorbene Blattspitzen und war hauptsächlich im Feldteil D bis zum ersten Schnitt noch nicht recht zum Schossen gekommen. Tafel 17 zeigt die Unterschiede der gemittelten Heumengen.

Tafel 17.

Beziehungen	Unterschiede der gemittelten Heumengen ausgedrückt in absoluter Trockenmasse und dz/ha für die Teilstücke A	%	B	%	C	%	D	%
1. ungedüngt u. beregnet — ungedüngt u. unberegnet	+3,75 ±1,18	+15,0	+2,65 ±2,40	+11,2	−3,96 ±2,52	−16,1	−16,07 ±0,70	−60,0
2. ungedüngt u. beregnet — unberegnet u. gedüngt	−5,80 ±1,71	−16,9	−15,21 ±1,29	−37,6	−22,30 ±1,38	−50,7	−32,76 ±1,81	−75,5
3. gedüngt und beregnet — gedüngt und unberegnet	+5,68 ±0,38	+23,1	+3,61 ±1,83	+15,2	−2,33 ±2,51	−9,44	−15,75 ±0,76	−59,0
4. gedüngt und beregnet — gedüngt und unberegnet	−3,82 ±1,28	−11,3	−14,25 ±0,99	−34,4	−19,67 ±1,33	−4,68	−32,49 ±1,83	−74,8
5. gedüngt und beregnet — ungedüngt u. beregnet	+1,93 ±1,23	+6,82	+0,96 ±1,37	+3,63	+1,63 ±1,85	+7,88	+0,32 ±0,74	+3,0

Nach der Heuernte wurden die Parzellen gehackt und nunmehr mit gekalktem Röstwasser beregnet. Bis zum zweiten Schnitt, der am 8. September erfolgte, wurden folgende vorgekalkte Röstwassermengen aufgebracht.

Zeitabschnitt	mm Kunstregenmenge in den Feldstücken A	B	C	D
Zwischen 1. und 2. Schnitt	45,20	45,66	75,13	120,98
Gesamte Röstwassermenge	117,94	112,94	182,77	300,30

Unter Wirkung des vorgekalkten Röstwassers erholte sich das Gras überraschend schnell, besonders das beregnete Feldstück D zeigte reges Wachstum. Die Erträge gingen weit über die der nicht beregneten und auch über die der mit Kunstdünger versehenen unberegneten Versuchsparzellen hinaus. (Siehe Tafel 18.)

Sie stiegen mit zunehmender Kunstregengabe.

Tafel 18. Graserträge. (2. Schnitt.)

Gruppe	beregnete Parzellen a	b	c	d	e	f	unberegnete Parzellen h	i	k	l	Maßbezeichnung
D	12,580	12,490	12,880	13,840	14,700	14,620	3,640	2,220	2,340	1,870	kg/16 qm Grünmasse
	78,60	78,00	80,50	86,60	91,80	91,57	22,75	13,90	14,62	11,69	dz/ha „
	21,50	21,55	22,00	23,90	25,10	25,20	9,58	5,76	6,16	4,84	dz/ha Heu
	7,70	7,71	7,70	7,71	7,70	7,71	7,37	7,27	7,37	7,27	% Feuchtigkeit
	19,84	19,89	20,31	22,06	23,17	23,26	8,87	5,34	5,71	4,49	dz/ha Trockenmasse
	17,95	18,12	17,95	18,12	17,95	18,12	18,15	16,63	18,15	16,63	% Rohprotein
C	7,380	7,220	7,800	9,220	10,320	10,210	4.240	3,510	4,040	2,320	kg/16 qm Grünmasee
	46,12	45,12	48,75	57,63	64,50	63,80	26,45	21,95	25,25	14,50	dz/ha „
	13,83	13,70	14,62	17,52	19,37	19,40	10,88	8,77	10 39	5,70	dz ha Heu
	7,68	7,71	7,68	7,71	7,68	7,71	7,38	7,28	7,38	7,28	% Feuchtigkeit
	12,77	12,64	13,50	16,17	17,86	17,91	10,08	8,13	9,6 '	5,37	dz/ha Trockenmasse
	17,87	18,10	17.87	18,10	17,87	18,10	18,04	16,74	18,04	16,74	% Rohprotein
B	7,540	6,250	6,220	6,410	7,470	6,910	3,670	3,090	3,460	2,920	kg/16 qm Grünmasse
	47,10	39,05	38,85	40,10	46,70	43,20	22,95	19,62	21,61	18,25	dz/ha „
	15,75	12,94	12,68	13,30	15,24	14,31	9,53	8,11	8,98	7,55	dz/ha Heu
	7,63	7,64	7,63	7,64	7,63	7,64	7,34	7,31	7,34	7,31	% Feuchtigkeit
	14,55	11,95	11,71	12,28	14,08	13,22	8,83	7,52	8,32	7,00	dz/ha Trockenmasse
	16,90	17,01	16,90	17,01	16,90	17,01	17,90	16,51	17,90	16,51	% Rohprotein
A	4,700	4,600	6,200	6,400	6,340	6,470	3,880	3,270	4,470	3,650	kg/16 qm Grünmasse
	29,40	28,75	38,75	40,00	39,60	40,45	24,25	20,45	27,90	22,80	dz ha „
	9,97	9,77	13,12	13,60	13,40	13,73	9.97	8,27	11,44	9,22	dz/ha Heu
	7,67	7,56	7,67	7.56	7,67	7.56	7,40	7,27	7,40	7,27	% Feuchtigkeit
	9,21	9,04	12,11	12,57	12,37	12,69	9,23	7,67	10,59	8,55	dz/ha Trockenmasse
	16.86	17,03	16,86	17,03	16,86	17,03	17,86	16,40	17,86	16,40	% Rohprotein

Die erzielten Erträge entsprechen zwar kaum den in der Praxis üblichen. Ein starker Befall von Gelbrost, besonders bei den nicht beregneten Parzellen, schien hemmend zu wirken. In Tafel 19 sind die Heumengen des 2. Schnittes einander gegenübergestellt.

Tafel 19.

Beziehungen	Unterschiede der gemittelten Heumengen ausgedrückt in absoluter Trockenmasse und dz/ha für die Teilstücke							
	A	%	B	%	C	%	D	%
1. ungedüngt u. beregnet — ungedüngt u. unberegnet	+3,29 ±1,02	40,4	+5,22 ±0,37	71,8	+8,82 ±1,65	130,9	+16,82 +1,35	345,0
2. ungedüngt u. beregnet — ungedüngt u. unberegnet	+1,52 ±1,11	15,3	+3,90 ±0,36	45,5	+5,72 ±1,18	58,1	+14,45 ±1,52	197,0
3. gedüngt und beregnet — ungedüngt u unberegnet	+3,43 ±0,23	42,2	+6,19 ±0,73	85,2	+7,96 ±1,71	118 0	+16,19 ±1,40	329,0
4. gedüngt und beregnet — gedüngt und unberegnet	+1,65 ±0,87	16,7	+9,87 ±0,72	56,8	+4,86 ±1,27	49,4	+13,82 ±1,57	190,0
5. gedüngt und beregnet — ungedüngt u. beregnet	+0,13 ±1,13	1,14	+0,97 ±0,75	7,77	−0,87 ±1,71	−5,52	−0,63 ±1,10	−2,95

Um über den Nährwert des Grases Aufschluß zu erhalten, wurden Proben des 2. Schnittes auf ihren Gehalt an Rohprotein untersucht. Die Untersuchungen (Tafel 20) ergaben, daß die Erträge der beregneten Flächen hauptsächlich in den Feldstücken C und D die gleichen prozentualen Mengen Rohprotein aufwiesen, als die der gedüngten und rund 1½ v H mehr, als die der nicht gedüngten Vergleichsparzellen.

Tafel 20.

Gruppe	Rohprotein des 2. Grasschnittes in % der Trockensubstanz beregnet mit Stickstoff	beregnet ohne Stickstoff	unberegnet mit Volldüngung	unberegnet ohne Volldüngung
A	17,03	16,86	17,86	16,40
B	17,01	16,90	17,90	16,51
C	18,10	17,87	18,04	16,74
D	18,12	17,95	18,15	16,63

Es ist also zu folgern, daß die Beregnung des Grases mit vorgekalktem Abwasser sehr vorteilhaft wirkt. Das dadurch erzielte Futter kommt in seinem Nährwert dem auf gedüngter Fläche gewachsenen gleich. Das Heu wurde an Pferde verfüttert und dabei festgestellt, daß diese das Futter mit großer Begierde fraßen.

Die Pferdebohnen waren schwer zu beschaffen. Da der Handel ausverkauft hatte, mußte ein Rest Hörnings „Große Thüringer Pferdebohnen" verwandt werden. Dieser reichte aber nur für die Feldteile A, B und C. Die Bohnen wurden in einer Reihenweite von 45 cm und einer Aussaatstärke von 1,20 dz je ha mit der Hand ausgelegt, da die großen Bohnen nicht mit Drillmaschine ausgesät werden konnten.

Die Parzellen hatten vor der Aussaat ähnlich wie bei Gerste und Lein in A 15,91, B 15,08, C 21,90 und D 32,75 mm Röstwasser erhalten. Im ganzen erhielten die Feldstücke A 102,61, B 99,00, C 146,91 und D 279,88 mm Kunstregen. Da große Pferdebohnen nicht mehr zu erhalten waren, mußte auf dem Feldstück D die „kleine Thüringer Pferdebohne" gesät werden. Die Einsaat erfolgte erst drei Wochen später. Dadurch, daß zwei Faktoren wechselten, wurde dieser Bohnenversuch in zwei Gruppen zerlegt, die nicht miteinander in unmittelbaren Vergleich gesetzt werden können. Ein besonderer Unterschied war anfangs unter den einzelnen Parzellen nicht zu bemerken. Im Verlaufe der ersten Tage zeigten die beregneten Bohnen rd. 1 cm längere Hypokotyle als die nichtberegneten. Nach den ersten Regengaben traten die Unterschiede noch etwas deutlicher hervor. Die Pflanzen der beregneten Parzellen hielten in der Entwickelung mit denen der gedüngten Schritt. Einige Pflanzen, hauptsächlich in C, wurden durch das nicht gekalkte Röstwasser angegriffen. Vereinzelt rollten sich die Blatträndern ein und wurden schwarz. Eine wesentliche Störung des Wachstums trat aber dadurch nicht ein. Die beregneten Parzellen standen von Anfang an besser als die nicht gedüngten und nicht beregneten. Vergleicht man die Gruppen A, B und C untereinander, so kann man sagen, daß A hinter B wesentlich zurückblieb. Die Ursache dafür ist wohl in der Kalkempfänglichkeit der Leguminosen zu suchen. C blieb solange etwas zurück, als die Kalkung des Röstwassers noch nicht erfolgt war. Daraus ist zu schließen, daß auf Pferdebohnen kleinere Röstwassermengen ohne Kalkzusatz ertragssteigernd, größere jedoch ertragsmindernd wirken. Es wurden folgende Röstwassergaben verabfolgt:

Tafel 21.

Zeitabschnitte	mm Kunstregen in den Feldstücken			
	A	B	C	D
Vor der Einsaat	15,48	15,08	21,90	32,75
In der Vegetationszeit				
ungekalktes Röstwasser	44,43	44,44	74,44	127,17
vorgekalktes Röstwasser	42,70	39,48	65,57	119,96
gesamte Röstwassermenge	102,61	99,00	161,91	279,88

Sobald die Kalkzugabe einsetzte, wurde das Wachstum im Feldstück C so gefördert, daß es B einholte. Ein starker Gewitterregen mit Sturm und Hagelschlag brachte die Bohnen leider sämtlich im Beginn der Blütezeit zum Lagern. Sie erholten sich davon nur langsam. Die untersten Stengelteile in rd. 15 cm Länge blieben am Boden liegen, und nur der obere Teil richtete sich wieder auf. So geschwächt, wurden die Pflanzen der Feldstücke A, B und C von Blattläusen befallen. Trotz sorgfältiger Bespritzung mit Parasitol war die schädigende Wirkung so groß, daß die Bohnen trotz des guten Blütenansatzes keine Früchte trugen. Wenn hinsichtlich der Schädigung noch ein Unterschied gemacht werden kann, so hatten die nicht beregneten Parzellen mehr unter den Läusen zu leiden, als die beregneten.

Es muß somit auch bei dieser Gruppe eine Endbewertung unterbleiben. Nur in Anlehnung an die Beobachtungen, die im Verlauf der Entwickelung gemacht wurden, können Schlüsse gezogen werden, die im Verein mit den Ergebnissen der Parzellen D günstig für die Beregnung sprechen.

Die drei Wochen später eingesäten „kleinen Thüringer Pferdebohnen" liefen gut auf und zeigten in dem beregneten Teile wegen der starken Regengaben auch schwarze Blattränder. Einige Pflanzen wurden sogar ganz schwarz und gingen ein. Als die schädigende Wirkung des Röstwassers durch Kalkzuführung eingedämmt war, trat eine kräftige Entwickelung ein, die den Stand des beregneten Teiles günstiger erscheinen ließ, als den nichtberegneten gedüngten. Diese Pflanzen waren noch zu klein, um von dem Gewittersturm so beschädigt zu werden, wie die der anderen Gruppen. Die Blütezeit setzte erst nach dem Wirtswechsel der Blattläuse ein, die diese Gruppe gar nicht befielen. So gelangten diese Bohnen ohne wesentliche Schädigungen zur Reife. Ihr Ertrag ergab ein einwandfreies Bild zugunsten der Beregnung mit Röstwasser (siehe Tafel 22).

Tafel 22. Bohnenerträge (Körnerernte).

Gruppe	beregnete Parzellen						unberegnete Parzellen				Maßbezeichnung
	a	b	c	d	e	f	h	i	k	l	
D	2,015	1,840	1,862	2,442	2,483	2,382	2,056	1,595	1,914	1,590	kg/ 6 qm
	12,60	11,50	11,64	15,26	15,52	14,89	12,84	9,97	11,96	9,94	dz/ha
	565,5	571,0	560,0	594,5	581,0	576,0	552,5	519,0	540,0	518,5	1000 Korn-Gew.

Auch hier hat die Stickstoffzugabe auf dem beregneten Teil keine Vorteile gezeitigt. Es trat sogar bei diesen Parzellen ein Minderertrag von 0,63 dz ± 1,31 auf, der, im Bereich der einfachen wahrscheinlichen Schwankung liegend, auf die Bodenungleichheiten zurückzuführen ist. Da wieder die Parzellen Da, Db, Dc von dem gleichen Fehler wie beim Hanf betroffen wurden, ist es ratsam, ähnlich wie dort die Parzellen Da, Db, Dc und Dd, De, Df in gesonderten Gruppen für sich zu bewerten. Dd, De, Df haben gegenüber Da, Db, Dc einen Mehrertrag von 3,31 ± 0,5 dz je ha gleich 21,7 v H und gegenüber Di, Dl ein Mehr von 5,27 ± 0,133 gleich 34,6 v H, gegenüber den Vergleichsparzellen Dh, Dk ein Mehr von 2,82 ± 0,46 gleich 18,5 v H. Aus dieser Ertragssteigerung, hervorgerufen durch die günstige Wirkung der Röstwasserverregnung, ist zu erkennen, daß den wasserliebenden Pferdebohnen reichliche Mengen Röstwasser zugeführt werden können. Das Feldstück D hat die große Menge von 279,88 mm künstlichen Regen erhalten. Wenn das Röstwasser eine gewisse Entsäuerung erfahren hat und im Boden keine stauende Nässe verursacht wird, wie es bei den Parzellen Da, Db, Dc der Fall war, so steigert sich der Ertrag.

Da, Db und Dc haben zwar einen Mehrertrag von 1,96 ± 0,273 dz je ha gleich 16,45 v H gegenüber der nicht beregneten Fläche gebracht, aber sie erreichen den Mehrertrag der gedüngten unberegneten Vergleichsparzellen nicht.

Das 1000-Korngewicht ist in dem beregneten Teil bedeutend höher, und zwar 28,41 ± 6,32 g mehr gegenüber dem unberegneten gedüngten, und 55,91 + 3,59 mehr als im unberegneten ungedüngten Teil. Das 1000-Korngewicht wurde erst nach sechswöchentlicher Lagerung im luftigen Raum bestimmt, damit die Körner gleichmäßig nachtrocknen konnten; es war bei den nicht beregneten, gedüngten Parzellen um 27,50 ± 5,32 g höher als bei den unberegneten, nichtgedüngten.

Zwischen den Gruppen A, B, C und D und an den Rändern waren als Trennungsstreifen Rüben, und zwar 18 kg je ha Zimbals „gelbe Riesen" in einer Reihenentfernung von 45 cm angebaut. Diese wurden mit dreimaliger Hacke und Verziehen feldmäßig bearbeitet. Die beiden Randparzellen konnten wegen ihrer einseitigen Beregnung nicht zur Ertragsberechnung herangezogen werden. Die den Gruppen zwischengelagerten Parzellen erhielten folgende Röstwassermengen:

Tafel 23.

Zeitabschnitt	mm Kunstregen in den Feldstücken		
	A	B	C
Vor der Einsaat	13,69	30,65	21,18
In der Vegetationszeit			
ungekalktes Röstwasser	42,69	61,98	97,74
vorgekalktes Röstwasser	103,97	99,24	153,00
gesamte Röstwassermengen	160,35	191,87	271,92

Die Pflanzen liefen im beregneten Teil zwei Tage früher auf und zeigten sich noch im Jugendstadium gegen das saure Röstwasser unempfindlich. Eine Wachstumsförderung war gegenüber dem nicht beregneten Teile nach einigen Wochen aber nicht mehr zu erkennen. Weitaus besser standen die Pflanzen auf den Parzellen, die außer der Volldüngung noch 300 dz je ha Stallmist erhalten hatten. Die Stickstoffwirkung im beregneten Teil, die anfangs diese Parzellen weit besser erscheinen ließ, schloß im Endergebnis mit einem Minderertrage ab, der, im Bereich der Fehlergrenzen liegend, auf die nach der Seite hin abnehmende Bodengüte zurückzuführen ist, und deswegen rechnerisch nicht als ein Mehr zum Ausdruck gebracht werden konnte. Durch die Einführung der Kalkung wurde das Wachstum auf den beregneten Parzellen sehr gefördert, so daß ihre Ernteerträge in Feldstück B bis zu 42 v H die der nicht beregneten überflügelten. Eine Ertragshöhe, wie bei den mit Volldüngung versehenen Parzellen konnte jedoch nicht erreicht werden (siehe Tafel 24).

Tafel 24. Rübenerträge.

Gruppe	beregnete Parzellen						unberegnete Parzellen				Maßbezeichnung
	a	b	c	d	e	f	h	i	k	l	
C	130,6	134,0	133,3	160,4	166,5	167,0	166,5	115,1	153,8	102,0	kg/20qmRüb.u.Blätt.
	653,0	670,0	666,5	802,0	832,5	835,0	832,5	575,5	769,0	510,0	dz/ha „
	96,2	97,9	98,7	116,0	122,3	123,9	131,2	88,9	120,0	79,2	kg/20qm Rüben
	481,0	489,5	493,5	580,0	611,5	619,5	656,0	444,5	600,0	396,0	dz/ha Rüben
B	104,1	136,4	163,8	167,0	158,2	169,0	159,5	102,3	153,2	113,2	kg/20qmRüb.u.Blätt.
	520,5	682,0	819,0	835,0	791,0	845,0	797,5	511,5	766,0	566,0	dz/ha „
	77,1	101,2	120,0	123,0	114,3	124,4	125,8	76,8	118,0	87,1	kg/20qm Rüben
	385,0	506,0	600,0	615,0	571,5	622,0	629,0	384,0	590,0	435,0	dz/ha Rüben
A	125,5	114,8	105,8	133,9	145,3	139,0	143,1	107,5	151,8	115,2	kg/20qmRüb.u.Blätt.
	627,5	574,0	529,0	669,5	726,5	695,0	715,5	537,5	789,0	576,0	dz/ha „
	93,7	86,3	80,6	102,3	112,0	118,4	111,0	82,8	118,2	88,5	kg/20qm Rüben
	468,5	431,5	403,0	511,5	560,0	592,0	555,0	414,0	591,0	442,5	dz/ha Rüben

In Tafel 25 sind die Rübenerträge gegenübergestellt.

Tafel 25.

Beziehungen	Unterschied der gemittelten Rübenerträge in dz/ha der Teilstücke A	%	B	%	C	%
1. ungedüngt und beregnet — ungedüngt und unberegnet	+83,42 ±37,0	+19,5	+171,5 ±36,8	+41,9	+149,37 ±34,6	+35,6
2. ungedüngt und beregnet — gedüngt und beregnet	−61,33 ±35,9	−10,7	−78,5 ±34,1	−12,9	−58,33 ±36,6	−9,3
3. gedüngt und beregnet — ungedüngt und unberegnet	+49,42 ±35,2	+11,5	+109,23 ±57,8	+26,8	+108,37 ±38,8	+25,8
4. gedüngt und beregnet — gedüngt und unberegnet.	−95,33 ±36,7	−16,6	−90,67 ±11,9	−14,9	−99,33 ±40,6	−15,8
5. gedüngt und beregnet — ungedüngt und beregnet	−34,0 ±46,0	−6,6	−62,17 ±61,1	−10,7	−41,00 ±43,2	−7,2

Das prozentuale Verhältnis der Rüben zum Gesamtgewicht ist in den Parzellen mit starker Beregnung geringer als in den mit schwacher Beregnung und am höchsten bei den nicht beregneten. Die Zuckerprozente liegen bald im beregneten, bald im unberegneten Teil höher, je nachdem große oder kleine Rüben ausgewählt waren. Die Unterschiede liegen aber im Bereich der einfachen natürlichen Schwankung.

Die Rüben wurden eingemietet und im Laufe des Winters an Kühe, Schafe und Pferde verfüttert, die das Futter gern aufnahmen. Die Rüben selbst hielten sich über den Mai hinaus ohne zu faulen in der Miete.

Wie anfangs erwähnt, lag neben dem Versuchsfeld ein 32 m breiter Streifen Winterroggen. Der Boden ist dort sandiger Lehm, war zwei Jahre vorher mit Holzasche, die von einem Scheunenbrande herrührte, bestreut worden und ergab daher alkalische Reaktion. Im Herbst vor der Einsaat waren als Kunstdünger 1 dz je ha Schwefel-

saures Ammoniak, 1 dz je ha 40 v H Kalisalz und 1½ dz je ha Thomasmehl verabfolgt worden. Im Frühjahr des Versuchsjahres wies das Feld einen geschlossenen, mittleren Bestand auf. Um die Beregnungsversuche zu erweitern, wurden Teile des Roggenfeldes am 29. April mit 25 mm und am 3. und 17. Mai mit je 20 mm nicht vorgekalktem Röstwasser beregnet. Die erste Einwirkung auf den Pflanzenbestand war ungünstig. An den Blättern zeigten sich weiße Flecke, wie wir sie schon bei der Gerste kennen gelernt haben. In einer Furchenvertiefung, wo sich größere Mengen Röstwasser angesammelt hatten, wurde der Pflanzenbestand vernichtet. Der Blattschaden glich sich jedoch bald wieder aus. Die Halme wurden zwar nicht so lang wie im nicht beregneten Teil, dafür aber fester und widerstandsfähiger gegen Lagerung. Denn derselbe Sturm, der die Bohnen umlegte, brachte auch den Roggen im nicht beregneten Teil zum Lagern, während er auf den anderen Teilen nur ein geringes Niederdrücken verursachte, von dem sich die Pflanzen bald wieder erholten. Der nicht beregnete Teil war starker Verunkrautung ausgesetzt. Windhalm, Hederich und Disteln traten häufig auf, während diese Unkräuter im beregneten Teil nur ganz vereinzelt festgestellt wurden. Die jungen Unkrautpflanzen waren also hier scheinbar durch das nicht vorbehandelte Röstwasser vernichtet worden. Die Blüte setzte drei bis vier Tage später ein als im nicht beregneten Gebiet; auch die Reife verzögerte sich um einige Tage.

Die Ernte wurde parzellenweise vorgenommen. (Siehe Tafel 26.)

Tafel 26. Roggenerträge.

Gruppe	unberegnet		beregnet		unber.	beregt.	unber.	Maßbezeichnung
	a	b	c	d	e	f	g	
	63,45	63,80	71,60	66,40	64,30	66,10	63,60	dz/ha Korn und Stroh
	17,70	21,10	25,00	24,40	20,45	24,35	21,05	dz/ha Korn
	45,75	42,70	46,60	41,80	43,85	41 75	42,55	dz/ha Stroh

Sie ergab einen Mehrertrag von 4,5 ± 0,78 dz je ha gleich 22,4 v H Korn zugunsten der beregneten Fläche. Dagegen war die Strohernte in beiden Teilen gleich groß. Die geringe, im beregneten Gebiet liegende Differenz von — 0,329 ± 1,39 dz fällt in den Bereich der einfachen Fehlergrenzen. So ist der Mehrertrag durch die Beregnung mit Röstwasser hier lediglich ein größerer Kornertrag, der sich schon äußerlich in größeren und schwereren Aehren zu erkennen gab, und sich auch in einem höheren 1000-Korngewicht ausprägte. Letzteres beträgt im unberegneten Teil 33,7 g und im beregneten Teil 38,2 g.

Die Roggenstoppeln wurden geschält. Einige Teilstücke erhielten eine Beregnung von 35 mm vorgekalktem Röstwasser in zwei Gaben, so daß diese Flächen im ganzen 100 mm Röstwasser erhalten haben. Daraufhin wurde Gemenge eingesät, bestehend aus Hafer, Peluschken und Pferdebohnen, hinzu kam noch keimender Roggenausfall. Die Ein-

saat erfolgte am 19. August 1924. Die Saat, hauptsächlich Peluschken und Bohnen, lief in den vorberegneten Teilen besser auf und zeigte nach 14 Tagen die doppelte Länge gegenüber der der anderen Parzellen. In dieser Zeit erfolgte auf zwei Teilstrecken eine weitere Regengabe von 20 mm vorgekalktem Röstwasser. Schädigungen waren in keiner Weise zu bemerken. Die Ernte wurde nach neun Wochen vorgenommen. Die Möglichkeit einer Trocknung war infolge der vorgeschrittenen Jahreszeit nicht gegeben, so konnte nur die frische Substanz zur Ertragsberechnung herangezogen werden. (Siehe Tafel 27.)

Tafel 27. Gemengeerträge.

Gruppe	65 mm beregt.	120 mm beregt	100 mm beregt.	120 mm beregt.	100 mm beregt.	65 mm beregt.	0 mm unber.	Maßbezeichnung
III	13,350 83,50	17,930 112,06	16,790 104,90	19,080 119,00	16 220 101,00	12,270 76,60	10,450 65,20	kg/16 qm dz/ha grüne Masse
II	14,360 89,70	19,140 119,80	18,090 113,00	19,170 119,80	17,940 112,00	12,520 78,30	10,530 65,80	kg/16 qm dz/ha grüne Masse
I	15,830 98,90	20,130 126,80	18,790 117,20	20,500 128 00	18,470 115,20	13,600 85,00	12,400 77,50	kg/16 qm dz/ha grüne Masse

Die verschiedenartige Gestaltung der Regengaben und die damit erzielten Ernten sind aus Tafel 28 zu entnehmen.

Tafel 28.

Art der Beregnung	Ernteergebnisse dz/ha	Mehrertrag der beregneten gegenüb. d. unbereg. Fläch. dz/ha	%
1. nicht beregnet	69,50±3,19	—	—
2. zur Vorfrucht Roggen 65 mm	85,33±2,26	+15,83±3,9	22,8
3. zur Vorfrucht Roggen 65 mm und überdies v. d. Einsaat 35 mm	110,55±1,91	+41,05±3,7	59,7
4. zur Vorfrucht Roggen 65 mm überdies vor d. Einsaat 35 mm und i. d. Vegetationszeit 20 mm	120,90±1,645	+51,40±3,6	74,0

Aus den Ergebnissen der Tabelle 28, Nr. 2 und Nr. 3, geht einwandfrei hervor, daß hier der Düngerwert des Röstwassers und erst in zweiter Linie der Wasserwert zur Geltung kam. Denn 35 mm Kunstregen vor der Einsaat brachten ein Mehr von 25,22 dz/ha und weitere 20 mm während der Vegetation nur noch eine weitere Steigerung von 10,35 dz/ha gegenüber dem nicht mit diesen Gaben bedachten Felde. Immerhin mag insofern der Wasserwert der 35 mm noch eine Rolle gespielt haben, als durch diese Gabe die Bodenfeuchtigkeit für die Saat erhöht worden war. Das Gemenge wurde an Kühe und Pferde verfüttert. Beide nahmen das Futter gern an. Bezüglich des Bestandes ist noch zu erwähnen, daß die nicht beregneten Parzellen starke Verunkrautung zeigten, während die

anderen unkrautfrei waren. Es mag dahingestellt bleiben, ob der dichte Bestand das Unkraut erstickt hat, oder ob auch das Röstwasser in seiner direkten Wirkung zur Geltung kam. Letzteres wird wohl weniger anzunehmen sein, da vorgekalktes Röstwasser verwendet wurde.

Die abgeernteten Gersten- und Leinparzellen wurden zu weiteren Versuchen herangezogen. Die Stoppeln wurden geschält, auf die Leinparzellen kam Riesenspörgel und auf die Gerstenparzellen Senf. Der Spörgel ging überall schlecht auf und zeigte lückigen Bestand. Dies ist wohl einem mangelhaften Saatgut zuzuschreiben. Es waren auf keiner Parzelle Vor- oder Nachteile zu erkennen, die auf die Beregnung zurückgeführt werden könnten. Daher wurde der Spörgel nicht geerntet.

Senf dagegen entwickelte sich sehr gut. Um der Frage näher zu kommen, ob das Wasser der ausschlaggebende fördernde Faktor sei oder die in ihm enthaltenen Nährstoffe, wurden alle vier Parzellen gleichmäßig beregnet. War der Wasserwert ausschlaggebend, so mußten ungefähr gleiche Ernten auf allen beregneten Parzellen erzielt werden. War der Düngerwert wesentlich, so mußten die Feldstücke C und D, auf die schon in der Wachstumsperiode der Gerste mehr Wasser aufgebracht worden war, größere Erträge aufweisen. Die Parzellen hatten an Röstwasser erhalten:

Tafel 29.

Zeitabschnitt	mm Kunstregen auf den Teilstücken			
	A	B	C	D
Zur Zeit der Gerste	98,80	95,49	166,48	276,78
Während des Wachstums des Senf	60,00	62,45	59,45	65,80
Ges. Röstwassermenge	158,80	157,94	295,93	342,58

Bei der Ernte wurden alle sechs Parzellen zusammengefaßt und einerseits der gedüngten, andererseits der ungedüngten nicht beregneten Vergleichsparzelle gegenübergestellt und die in Tafel 30 wiedergegebenen Mehrerträge erhalten.

Tafel 30. Senferträge.

Gruppe	Beregnete Parzellen						Unberegt. Parzellen				Maßbezeichnung
	a	b	c	d	e	f	h	i	k	l	
D	17,400	19,410	18,470	25,610	24,670	21,750	5,620	4,070	5,600	5,400	kg/16qm grüne Masse
	108,80	121,20	115,20	160,20	154,20	135,80	35,10	25,41	35,00	33,80	dz/ha " "
	13,49	15,02	14,30	19,88	19,12	16,82	7,06	5,10	7,04	6,80	dz/ha Heu
C	11,210	13,020	13,910	16,470	17,210	18,060	8,900	6,820	7,200	7,020	kg/16qm grüne Masse
	70,20	81,50	87,00	102,90	107,50	112,80	55,60	42,60	45,00	43,90	dz/ha " "
	9,28	10,79	11,50	13,60	14,22	14,91	11,18	8,57	9,05	8,83	dz/ha Heu
B	5,350	50,60	7,820	7,240	10,880	10,850	6,950	5,340	7,450	5,890	kg/16qm grüne Masse
	33,40	31,60	48,80	45,20	68,00	67,80	43,40	33,40	46,60	36,80	dz/ha " "
	6,18	5,85	9,04	8,36	12,58	12,53	8,72	6,71	9,37	7,40	dz/ha Heu
A	5,450	4,120	8,850	17,940	10,020	6,070	8,460	6,180	7,370	6,650	kg/16qm grüne Masse
	34,05	25,75	55,30	112,00	63,70	37,95	52,90	38,60	46,00	41,60	dz/ha " "
	6,30	4,77	10,22	15,24	11,78	7,02	10,62	7,76	9,25	8,36	dz/ha Heu

In Tafel 31 sind wieder die Senferträge gegenübergestellt.

Tafel 31.

Beziehung	Unterschied in den Ernteergebnissen in dz/ha bei den Teilstücken							
	A	%	B	%	C	%	D	%
beregn. — unberegn	+1,780±1,24	—	1,65±0.92	—	+4,94±0,71	66,9	9,00±0,87	121
beregnet – unberegn.u.gedüngt	+0,19±1,25	—	0,05±0,93	—	+3,35±0,72	35,8	7,40±0,89	32

Beim Vergleich der beregneten Gruppen untereinander wurden folgende Mehrerträge beobachtet:

Tafel 32.

beregnetes Feldstück	Mehrertrag	
	dz/ha	%
A–C	3,16±1,32	34,9
A—D	7,22±1,46	78,3
C—D	4,06±1.04	32,8

Aus den Tabellen geht hervor, daß die Parzellen der Gruppen A und B nur geringe Mehrerträge aufweisen gegenüber den nichtberegneten Vergleichsparzellen. Das ist darauf zurückzuführen, daß diese nur geringe Röstwassermengen erhalten haben und ihre Nährstoffe zum größten Teil schon von der vorherigen Gerstenernte aufgebraucht waren. Dagegen wurden in den Parzellen der Gruppen B und C ganz bedeutende Mehrerträge erzielt, die auf eine erhebliche Nährstoffanreicherung durch den Düngewert des Wassers schließen lassen. Wie früher schon erwähnt, wurde die Parzelle Ad leicht mit Stallmist abgedüngt, um innerhalb der Beregnung einen Vergleich bilden zu können. Der dort erzielte Ertrag erreicht die Höhe der Ernten, die in D erzielt wurden. Somit ist anzunehmen, da der Faktor Wasser diesesmal unverändert blieb, daß in D der Düngewert des Röstwassers der ertragsteigernde Faktor war.

Der Senf wurde auf seinen Gehalt an Rohprotein untersucht; die Analysen ergaben, ausgedrückt in Prozent der Trockenmasse:

Tafel 33.

Behandlung	Rohprotein der Trockensubstanz			
	auf Fläche	%	auf Fläche	%
1. unberegnet	C	23,78	A	23,36
2. geringe Röstwassermengen . .	A	23,52	B	23,65
3. große Röstwassermengen im voraus gegeben	C	28,12	B	27,98

Demnach hatte sich der im Röstwasser enthaltene organische Stickstoff im Laufe der Zeit so umgesetzt, daß er bei dem Senf der beregneten Flächen die Bildung von 5 vH Rohprotein mehr als bei dem der nichtberegneten Flächen ermöglichte.

9. Die Gefäßversuche.

Um die Röstwasserwirkung unter Ausschaltung natürlicher Witterungseinflüsse beobachten zu können, wurden Gefäßversuche gemacht. Zu diesem Zwecke mußte in Tschirne erst eine Vegetationshalle in folgender Ausführung gebaut werden. An der Südwand einer massiven Scheune wurde ein Eisengestell von 12 m Länge und 3 m Breite errichtet. Die Höhe von 4,5 m an der Wand und 3,20 m an der freistehenden Längsseite ergab die Dachlage. Das ganze Gestell wurde zum Schutz gegen die Vögel mit einzölligem Maschendraht umgeben; eine Tür gestattete den Zutritt. Das Bretterdach war mit Dachpappe überzogen und sechsteilig. Jeder Teil war mit Scharnieren an der Scheune befestigt und konnte mittels einer Stange so nach oben geklappt werden, daß das freie Ende sich an das Dach der Scheune anlehnte, wo es mit Eisenhaken befestigt wurde. In dieser Lage stand das Dach fast senkrecht und ermöglichte dem Sonnenlicht freien Zutritt zu den Gefäßen. Während der Nacht und bei Regenwetter wurde das Dach zum Schutze der Gefäße in seine ursprüngliche Lage gebracht. Innerhalb des Drahtgitters waren auf einem Lattentisch in einer Höhe von 60 cm über dem Erdboden 48 Vegetationsgefäße zweireihig so aufgestellt, daß sie sich gegenseitig nicht beschatteten. Ueber den Gefäßen war unmittelbar unter dem Dach eine Laufschiene angebracht, in der mittels Rollen eine gleichseitige Balkenwage aufgehängt war, die über der ganzen Gefäßreihe hin und her bewegt werden konnte. Auf der einen Seite des Wagebalkens war eine Gewichtsschale befestigt, während auf der anderen Seite Ketten mit Haken das Aufhängen und Wiegen der Gefäße ermöglichten. Die Gefäße waren aus Zinkblech hergestellt und hatten 30 cm Höhe und 25,22 cm Durchmesser, also 500 qcm Querschnittfläche und 15 000 ccm Inhalt. Bei der Füllung folgte auf eine 6 700 g wiegende Schicht aus Kies und Sand 14 000 g lufttrockene Erde. Diese war dem Versuchsfeld entnommen. Der durch ein 3 mm Sieb gegebene Siebdurchgang war gut vermischt worden. Jedes Gefäß faßte somit 20 700 g lufttrockene Masse mit einem Gesamtporenvolumen von 6 170 ccm, von dem 29,5 v H auf den Kies entfielen. Von den Gefäßen wurde die eine Hälfte ständig auf einem Wassergehalt von 30 v H, die andere auf einem von 60 v H ihres Porenvolumens gehalten. Somit erhielt der eine Teil 1 851 ccm, der andere 3 702 ccm Wasser.

Der Wasserausgleich erfolgte bei der Wägung der Gefäße jeden dritten, bei sehr heißer Witterung jeden zweiten Tag. An diesen Tagen erfolgte auch die Umstellung der Gefäße zwecks gleichmäßiger Belichtung.

Zweck der Gefäßversuche waren die Ergänzung und Nachprüfung der Feldversuche unter Ausschluß der natürlichen Niederschläge.

Die Frage der zweckmäßigsten Bodenfeuchtigkeit wurde dahin entschieden, daß Hafer, der als Versuchspflanze benutzt wurde, bei der höheren Bodenfeuchtigkeit größere Ernten bringt, wenn nicht durch den Einfluß der konzentrierten Röstwassergaben eine Wachstumstörung oder gar Vernichtung erfolgt.

Ferner sollte klargestellt werden, ob das Röstwasser in seiner natürlichen Form schädlich wirkt, ob und inwieweit eine Vorbehandlung des Röstwassers erfolgen muß, um es nutzbringend verwenden zu können

Es wurden folgende Gruppen gegenübergestellt:

1. Röstwasser aus dem Pumpensumpf,
2. mit CaO abgestumpftes und verregnetes Röstwasser,
3. ohne Abstumpfung verregnetes Röstwasser,
4. mit einem Drittel reinem Wasser verdünntes und dann verregnetes Röstwasser.
5. mit CaO abgestumpftes, mit einem Drittel reinem Wasser verdünntes und dann verregnetes Röstwasser.

Das auf dem Felde verregnete Röstwasser wurde in Auffanggefäßen gesammelt und mittels Handspritze über den Gefäßpflanzen der betreffenden Versuchsreihe nochmals verstäubt. Bei den Wägungen erhielten die Gefäße umschichtig einmal nur reines Wasser und das nächste Mal nur die entsprechenden Röstwassergaben, um dadurch den Vorgang der natürlichen Niederschläge und der Röstwasserverregnung auf dem Felde möglichst getreu nachzuahmen.

Von Gruppe 1 erhielten je vier Gefäße, von Gruppe 3 und 4 jedes einzelne Gefäß eine Sonderdüngung von 14 g CaO, um so den Einfluß des Kalkes im Boden bei nicht abgestumpftem Röstwasser beobachten zu können.

Eine Beigabe von 0,64 g N = 4,0 g $NaNO_3$ zu je vier Gefäßen der Gruppen 2—5 sollte klarlegen, ob durch eine Zugabe von Stickstoff bei den verabreichten Röstwassermengen eine Ertragsteigerung erzielt wird, oder ob der im Röstwasser enthaltene Stickstoff zur Erzielung der höchstmöglichen Ernten ausreicht.

So stehen von den 48 Gefäßen für jede Frage vier Gefäße zur Verfügung, von denen je zwei auf 30 und zwei auf 60 v'H Feuchtigkeit gehalten wurden. Hieraus ergab sich folgende Versuchsanordnung:

1. Nr. 1—4 nur mit reinem Wasser behandelt.
2. Nr. 5—8 mit reinem Wasser und Kunstdünger behandelt.
3. Nr. 9—12 mit Röstwasser aus dem Pumpensumpf begossen.
4. Nr. 13—16 mit Röstwasser aus dem Pumpensumpf begossen bei Kalkdüngung vor der Einsaat.
5. Nr. 17—20 mit gekalktem verregneten Röstwasser beregnet.
6. Nr. 21—24 mit gekalktem verregneten Röstwasser beregnet bei Stickstoffdüngung vor der Einsaat.
7. Nr. 25—28 mit verregnetem Röstwasser beregnet bei Kalkdüngung vor der Einsaat.
8. Nr. 29—32 mit verregnetem Röstwasser beregnet bei Kalk- und Stickstoffdüngung vor der Einsaat.
9. Nr. 33—36 beregnet mit einem Gemisch von zwei Drittel verregnetem Röstwasser und einem Drittel Reinwasser bei Kalkdüngung vor der Einsaat.
10. Nr. 37—40 beregnet mit einem Gemisch von zwei Drittel verregnetem Röstwasser und einem Drittel Reinwasser bei Kalk- und Stickstoffdüngung vor der Einsaat.
11. Nr. 41—44 beregnet mit einem Gemisch von zwei Drittel gekalktem, verregnetem Röstwasser und einem Drittel Reinwasser.
12. Nr. 45—48 beregnet mit einem Gemisch von zwei Drittel gekalktem verregneten Röstwasser und einem Drittel Reinwasser bei Stickstoffdüngung vor der Einsaat.

Zum Vergleich der mit Röstwasser behandelten Pflanzen erhielten die Gefäße 1—4 lediglich reines Wasser und die Gefäße 5—8 zu dem reinen Wasser eine künstliche Düngung je Gefäß von:

1,28 g N in Form von 8,0 g $NaNO_3$ (16 %)
0,8 g P_2O_5 „ „ „ 2,0 g $CaHPO_4$ (40 %)
1,8 g K_2O „ „ „ 2,8 g KCl (63 %)
und 2,0 g Na Cl und 1,0 g MgS.

Der Kunstdünger wurde mit der obersten 8 cm starken Bodenschicht gut vermischt. Die angewandte Kunstdüngermenge, in erster Linie die Stickstoffgabe schien aber zu stark bemessen zu sein. Der Samen

Tafel 34. Gefäßversuche Gruppe I mit 30 % Feuchtigkeitsgehalt.

Gefäß Nr.	Behandelt mit	Wasserverbrauch Reinwasser ccm	Röstwasser ccm	zusammen ccm	Ernteergebnisse Ges. Gew.	Mittel g	100 Korngewicht g	Bemerk.
1	nur mit reinem	13290		13290	35,0	37,75±2,32	32,0	Trips
2	Wasser behandelt	15450		15450	40,5			
5	mit rein. Wasser u.	11900		11900	37,5	34,25±1,90	35,7	Trips und Blattläuse
6	Kunstdünger	12390		12390	33,0			
9	mit Röstwasser aus	7080	5980	13060	38,0	36,00±1,69	36,0	
10	dem Pumpensumpf begossen	6920	5410	12330	34,0			
13	wie bei 9+10 bei	6720	6190	12910	35,0	36,25±0,63	36,4	
14	Kalkung vor der Einsaat	6320	6050	12370	37,0			
17	mit gekalktem ver-	5710	5610	11320	32,0	33,25±1,06	36,7	Trips und Blattläuse
18	regt. Röstwasser beregnet	6180	5070	11250	34,5			
21	wie bei 17+18 bei	5980	5350	11330	38,5	37,50±0,84	38,6	
22	Stickstoffdüng. vor der Einsaat	5360	5250	10610	36,5			
25	mit verregt. Röstw.	6520	5550	12070	37,5	35,00±2,11	39,3	Trips und Blattläuse
26	bei Kalkdüng. vor der Einsaat	6490	5280	11770	32,5			
29	wie bei 25+26 bei	5630	4870	10500	35,5	36,25±0,63	39,8	
30	Stickstoffdüng. vor der Einsaat	5750	4830	10580	37,0			
33	beregnet mit einem	7950	3880	11830	39,5	37,25±1,90	40,5	Trips
34	Gemisch von $^2/_3$ Röstw. u. $^1/_3$ Reinw. bei Kalkung vor der Einsaat	7790	3780	11570	35,0			
37	wie bei 33+34 bei	7790	4060	11850	37,0	38,00±0,84	40,4	
38	Stickstoffdüngung vor der Einsaat	7340	4070	11410	39,0			
41	beregnet mit einem	8500	4010	12510	41,0	39,75±1,46	39,8	
42	Gemisch von $^2/_3$ gekalktem verreg. Röstw. u. $^1/_3$ Reinwasser	8750	4510	13260	38,5			
45	wie bei 41+42 bei	8210	4130	12340	39,0	39,50±0,42	39,6	
46	Stickstoffdüng. vor der Einsaat	8220	4040	12260	40,0			

ging in diesen Gefäßen schlecht auf, die meisten Pflänzchen starben ab und mußten durch neue ersetzt werden.

Als Versuchspflanzen wurden in jedes Gefäß 40 Haferkörner eingelegt. Die aufgelaufenen Pflanzen wurden nach drei Wochen bis auf 20 verzogen oder, wo durch irgendwelche Schädigung diese Zahl nicht vorhanden war, nachgepflanzt.

Die den Gefäßen zugestandene Feuchtigkeitsmenge bestand anfangs zu 30 v H aus dem der späteren Behandlung entsprechenden Röstwasser und zu 60 v H aus Reinwasser. Die Einsaat erfolgte am 20. Juni, die Ernte am 16. September 1924.

Tafel 35. Gefäßversuche II. Gruppe mit 60% Feuchtigkeitsgehalt.

Gefäß Nr.	behandelt mit	Wasserverbrauch			Ernteergebnisse			1000-Korngewicht g	Bemerkungen
		Reinwass. ccm	Röstw. ccm	zusammen ccm	Ges. Gew. g	Mittel g	Mehrertrag im Verhältnis zu 3+4		
3	nur mit reinem	32080		32080	54,5	52,5±1,69		33,7	
4	Wasser behandelt	30750		30750	50,5				
7	mit reinem Wasser	28970		28970	44,0	45,75 ± 1,46		35,2	Trips und Blattläuse
8	und Kunstdünger	29280		29280	47,5				
11	mit Röstwasser aus	2820	1550	4370	—	—		—	
12	dem Pumpensumpf begossen	2850	1450	4300	—				
15	wie bei 11 u. 12 mit	2690	1490	4180	—	—		—	
16	Kalkdüngung vor der Einsaat	2720	1520	4240	—				
19	mit gekalktem ver-	10940	9790	20730	59,0	58,5±0,42	6,0±1,75	37,4	
20	regnetem Röstwasser beregnet	10470	9500	19970	58,0				
23	wie bei 19 und 20 bei	11270	8570	19840	62,0	60,5±1,27	8,0±2,11	36,0	
24	Stickstoffdüngung vor der Einsaat	10500	9270	19770	59,0				
27	mit verregt. Röstw. b.	10880	9590	20470	52,0	49,0±2,53	−3,5±3,21	38,9	Trips und Blattläuse
28	Kalkd. v. d. Eins.	10660	9400	20060	46,0				
31	wie bei 27 und 28 bei	10350	9410	19760	49,0	45,5±2,95		39,3	Trips und Blattläuse
32	Stickstoffd.v.d Eins.	10920	8950	19870	42 0				
35	beregt. mit einem Ge-	18200	8530	26730	62,0	61,0±0,82	8,5±1,89	38,9	
36	misch v. $^2/_3$ verregt. Röstw. u. $^1/_3$ Reinw. bei Kalkd. v. d. Eins.	18120	8030	26150	60,0				
39	wie bei 35 u. 36 bei	18630	8030	26660	60,0	60,5±0,42		40,8	
40	Stickstoffdüngung vor der Einsaat	18520	8240	26760	61,0				
43	beregnet mit einem	17970	8280	26250	69,0	66,0±2,53	13,5±3,21	38,9	Trips
44	Gemisch von $^2/_3$ gekalkt., verregt. Röstwasser u. $^1/_3$ Reinw.	17100	7870	24970	63,0				
47	wie bei 43 und 44 bei	18990	9630	28620	65,0	67,0±1,69		39,7	
48	Stickstoffdüngung vor der Einsaat	20830	10020	30850	69,0				

In den Gefäßen mit 60 v H Feuchtigkeit zeigte sich das Auflaufen der Saat zwei Tage vor dem der anderen. Doch blieben die mit Kunstdünger versehenen, wie schon oben erwähnt, unter beiden Wasserverhältnissen im Rückstand, kümmerten und gingen teilweise ein. Aehnlich verhielten sich die Pflanzen der Gefäße 9—16, wo die erneute Röstwassergabe den Pflanzenbestand bei 60 v H Feuchtigkeit vollständig und bei 30 v H größtenteils vernichtete. Bei allen diesen Gefäßen (5—16) kam also nach drei Wochen ein Nachpflanzen in Frage. In den anderen Hauptgruppen zeigten sich, wenn auch keine direkten Schädigungen, doch bald gewisse Unterschiede im Wachstum und in der Farbe der Pflanzen.

Die Entwicklung der einzelnen Gruppen war folgende:

Nr. 1—4. Die Pflanzen konnten ihr Nährstoffbedürfnis größtenteils aus den vorhandenen Bodennährstoffen, namentlich bei reichlicher Feuchtigkeit decken, worauf das normale, wenn auch nicht üppige Wachstum schließen ließ. Zur normalen Entwicklung der Körner schienen die Nährstoffe allerdings nicht auszureichen, denn jene blieben sehr leicht. Geringe Schädigungen von Trips waren zu beobachten.

Nr. 5—8. Wie vorher schon erörtert, mußte infolge der Schädigungen durch den Kunstdünger hier nachgepflanzt werden. Trotzdem man annehmen durfte, daß das Wasser die Verteilung des zugeführten Kunstdüngers bewirken würde, dauerte es geraume Zeit, bis ein regeres Wachstum einsetzte. Die dann äußerst üppig aussehenden Pflanzen wurden derart von Blattläusen befallen, daß, trotz eines zweimaligen Spritzens mit Parasitol die Erträge hinter denen der vorigen Gruppe zurückblieben. Sie wurde deshalb aus dem Vergleich ausgeschaltet.

Nr. 9—12. Das aus dem Pumpensumpf entnommene Röstwasser wirkte, wie schon angedeutet, von Anfang an schädlich. Bei den Gefäßen mit 30 v H Feuchtigkeit zeigten sich braune Blattspitzen und gelblich weiße Flecken auf der Blattspreite, also deutliche Spuren von Verätzung. Da jedoch jeweils nur verhältnismäßig geringe Röstwassermengen in Frage kamen, behaupteten sich die Pflanzen und entwickelten Erträge, die, im Bereich der einfachen Fehlergrenzen liegend, sich mit denen der ersten Gruppe deckten. Bei 60 v H Feuchtigkeit gingen die Pflanzen vollständig ein. Damit wurde wieder klargelegt, daß das Röstwasser in konzentrierter, nicht vorbehandelter Form den Pflanzen jede Lebensmöglichkeit raubt.

Nr. 13—16. Die gleichen Beobachtungen bzw. Ergebnisse zeitigte die ebenso behandelte nächste Gruppe. Der dem Boden vorher zugeführte Kalk war nicht in der Lage, eine geringe Verbesserung herbeizuführen.

Nr. 17—24. Mit Kalk abgestumpftes verregnetes Röstwasser zeigte nicht mehr den schädlichen Einfluß. Das gesunde Blattgrün zeugte von einer normalen Entwicklung. Es stellte sich heraus, daß bei sämtlichen Gefäßen mit 30 v H Feuchtigkeit ungefähr gleichgroße Ernten erzielt wurden, die, nirgends außerhalb der einfachen Fehlergrenzen liegend, einen Vor- oder Nachteil der einzelnen Behandlungsweisen erkennen lassen. Dies legt die Vermutung nahe, daß diese Feuchtigkeitsmenge nur die Bildung begrenzter Pflanzenmassen ermöglicht. Die größeren Abweichungen der Gefäße in den einzelnen Gruppen untereinander sind auf Trips oder Blattläusebefall zurückzuführen. Eine Auswertung der

auf 30 v H Feuchtigkeit gehaltenen Gefäße unterbleibt somit. In der Gruppe mit 60 v H Feuchtigkeitsgehalt treten die Ertragsunterschiede dagegen deutlich hervor. So kann bei den Gefäßen 19 und 20 ein Mehr von 6,0 ± 1,75 g gegenüber den Gefäßen 3 und 4 festgestellt werden. Der Stickstoff, der den Gefäßen 23 und 24 beigegeben wurde, erhöhte den Ertrag seinerseits um 2 g auf 8,0 ± 2,11 g.

Nr. 25—32. Das Röstwasser wirkte noch sauerstoffzehrend, zumal das Wasser in den Gefäßen verblieb und dort die Umsetzung trotz des im Boden befindlichen Kalkes nur langsam erfolgte. Das matte, bräunlichgrüne Blatt ließ schon äußerlich den ungünstigen Einfluß erkennen, der bei der Ernte durch einen Minderertrag von — 3,5 ± 3,21 g zum Ausdruck kam. Bei den Gefäßen Nr. 31 und 32 kam die Stickstoffwirkung nicht zur Geltung, zumal Nr. 32 stark von Blattläusen und Trips befallen war.

Nr. 33—40. Die Blätter zeigten frisches Grün und gesundes Wachstum. Die Erträge erreichten ein Mehr von 8,5 ± 1,89 gegenüber den Gefäßen 3 und 4. Eine besondere Stickstoffwirkung war nicht zu erkennen. Die Körner waren gut ausgebildet.

Nr. 41—48 zeigte die höchsten Erträge. Das Wachstum war üppig. Das erzielte Mehr von 13,5 ± 3,20 läßt darauf schließen, daß diese Art der Verwertung des Röstwassers den Pflanzen am zuträglichsten ist. Die Stickstoffgabe brachte wohl einen geringen Mehrertrag, der aber im Bereich der einfachen Fehlergrenzen liegt.

Bei der Gegenüberstellung der Erträge mußten die Gesamterträge in Vergleich gesetzt werden. Die Schädigung durch Trips, unter der fast alle Gefäße zu leiden hatten, ließ es ratsam erscheinen, auf den Vergleich der Kornerträge zu verzichten und nur den Gesamtertrag zu berücksichtigen. Die Angabe des 1000-Korngewichtes in der Tabelle wird einen Anhalt geben, wieweit das Röstwasser auf die Entwicklung des Kornes einen Einfluß auszuüben vermochte. Die Frage wurde dahin beantwortet, daß mit der günstigeren Entwicklung höhere 1000-Korngewichte erzielt wurden.

10. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse.

Welche Schlüsse lassen sich nun aus den gesammelten Beobachtungen der Feld- sowie der Gefäßversuche ziehen?

Das Röstwasser bedarf zur Beseitigung seiner schädigenden Wirkung, auch bei der Beregnung, noch einer Vorbehandlung. Durch das Abstumpfen der Säuren mit ½ kg CaO je cbm in Verbindung mit der Verregnung wird die schädigende Wirkung des Röstwassers soweit vermindert, daß sein Aufbringen während der Vegetation möglich und nutzbringend ist. Ein weiterer Zusatz sauerstoffreichen Frischwassers (zwei Drittel Abwasser und ein Drittel Reinwasser) würde die trotzdem noch verbleibende sauerstoffzehrende Wirkung praktisch völlig beheben, so daß auch sehr säureempfindliche Pflanzen voraussichtlich nicht mehr geschädigt werden würden. Düngerwert und Wasserwert sind gesondert zu beachtende Faktoren.

Die Regengaben wurden bei der vorliegenden Verteilung durch die Zentrifugaldüse am günstigsten jedesmal in einer Höhe von 15 mm aufgebracht. Bei feinerer Tropfenverteilung, längerem Tropfenweg und

geringerer Regendichte dürften aber auch stärkere Gaben zulässig sein. Die Gaben können, sofern keine stauende Nässe durch undurchlässigen Untergrund auftritt, in kurzen Zeiträumen wiederholt werden.

Von den zur Untersuchung herangezogenen Pflanzen haben bei Beregnung mit gekalktem Röstwasser folgende Arten zum Teil wesentliche Mehrerträge gegenüber nicht beregneten Kulturen gebracht. Hanf, Gras, Pferdebohnen, Rüben, Roggen, Gemenge, Senf und Hafer. Die Mehrerträge würden zweifellos noch größer gewesen sein, wenn die natürlichen Niederschläge nicht so reichlich und gleichmäßig gefallen wären. Die Beregnung wird am zweckmäßigsten dann vorgenommen, wenn die Wurzelentwicklung noch gering (Jugendstadium) und später, wenn der Bedarf an Nährstoffen und Wasser am größten ist. Dies ist bei Getreidearten vor dem Schossen (Mai/Juni), bei Kartoffeln vor und nach der Blüte (Juli/August), bei Rüben im Juli-August, bei Leguminosen vor dem Blühen bei Gräsern und Klee beim ersten Grünen und nach jedem Schnitt und bei Weiden nach jedem Abweiden der Fall. Somit sind stets für die Beregnung geeignete Flächen vorhanden. Zwischendurch und im Winterhalbjahr wird man die Beregnung der Stoppeln und der augenblicklich brachliegenden Flächen vornehmen. Dann kann dem Boden eine Vorratsdüngung einverleibt werden.

Der Verwendung der Beregnungsanlagen im Winter vielfach mit Mißtrauen entgegengesehen infolge der Annahme, daß die Leitungsrohre und die Düsen während der Beregnung einfrieren würden. Dagegen ist aber zu sagen, daß die Stammleitung meist unterirdisch in frostsicherer Tiefe liegt und das Röstwasser mit einem Wärmegrad von 25 bis 30 Grad C aus dem Becken abgelassen wird. In den unterirdischen Leitungen ist dann selbst bei längeren Betriebspausen keine Abkühlung unter 0 Grad C zu erwarten. Da außerdem im Röstwasser Salze enthalten sind, so wird der Gefrierpunkt an und für sich schon unter 0 Grad liegen. Selbstverständlich müssen die oberirdischen Regnerleitungen vor längeren Betriebspausen entleert werden.

11. Die Wirtschaftlichkeit der Beregnung mit Röstabwasser.

Nachdem nun die Möglichkeit der Röstabwasserbeseitigung mittels Verregnung klar gelegt worden ist, handelt es sich darum, ihre Wirtschaftlichkeit zu untersuchen. Zu diesem Zweck müssen vorerst die Kosten der heutigen Abwasserbeseitigung, wobei die Verhältnisse in Tschirne als Beispiel dienen mögen, berechnet werden.

Wie schon früher erwähnt, drückt eine 2½ km lange eiserne Muffenrohrleitung von 125 mm Lichtweite das Röstwasser auf eine Sandfläche. Es werden jährlich 2½ ha zur Aufnahme benötigt, für die ein Pachtgeld von Dreiviertel Zentner Roggen je ein Viertel Hektar gleich 90 M zu zahlen ist. Die Verteilung der Röstwasser und die dazu nötigen Erdarbeiten gehen auf Kosten des Verpächters. Von der Fabrik sind jedoch zu tragen: Die Kosten für die Auslaufvorrichtungen und die Schieber, außerdem die Anlage eines Grabens, der das filtrierte Röstwasser abführen soll.

Bei lehmigeren und noch schwereren Böden müßte überdies eine Dränung der Stauflächen bei den Kostenansätzen berücksichtigt werden.

Es entstehen also für ähnliche Anlagen der Röstwasserbeseitigung nach den heutigen Preisen folgende Kosten:

1. Für eine 2½ km lange gußeiserne Muffenrohrleitung von 125 mm Lichtweite einschließlich Verlegungskosten 12 M/m	30 000 M
2. 6 Auslaufvorrichtungen mit Schiebern je 100 M	600 M
3. Geländeerwerb für einen Graben von 1500 m Länge, 4,5 m oberer Breite, — 6750 qm zu 0,50 M je qm	3 400 M
4. Für Ueberfahrten u. Abfindung f. Zufahrtserschwernisse	1 000 M
5. Grabenaushub bei 3,3 qm Querschnitt, — rund 5000 cbm je 1 M	5 000 M
Anlagekosten:	40 000 M

Die jährlichen Kosten betragen:

1. Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals 12 v H	4 800 M
2. Reparaturen und Feldherrichtung	200 M
jährliche Kosten:	5 000 M

Bei 60 000 cbm Röstwasser entfallen auf 1 cbm 8,3 Pfg. an privatwirtschaftlichen Kosten.

Im vierjährigen Umlauf werden von 10 ha jährlich 2,5 ha überstaut und fallen somit für die Ernte aus.

Der Ausfall beträgt 2,5 × 300 M = 750 M. Andererseits buchen die übrigen 7,5 ha keine oder nur unwesentliche Zusatzmengen von Kunstdünger. Da die Ernte in normalen Jahren beträchtlich ist, so kann der Düngerwert mit 100 M/ha in Rechnung gestellt werden. Der Düngerpreis beträgt dann ebenfalls 750 M, d. h. volkswirtschaftlich entsteht kein Gewinn aus der Ueberstauung, vielmehr verbleibt es auch volkswirtschaftlich bei 8,3 Pfg/cbm Kosten.

Zur Beregnung wird man die in nächster Nähe der Fabrik gelegene landwirtschaftlich genutzte Fläche verwenden können, da Rücksichten auf Bodenwert und Vorflutverhältnisse hier nur eine ganz untergeordnete Rolle spielen. Die Beregnung der Felder kann genossenschaftlich organisiert werden, falls fabrikeigenes Gelände nicht vorhanden ist. Da die Beregnung mit Röstwasser eine besondere Kunstdüngung überflüssig macht, keine Fläche ungenutzt zu liegen braucht, und überdies der Wasserwert des Röstwassers beträchtlich ist, so wird die Einrichtung der Feldberegnung mit Röstwasser den Geländewert erheblich heben, was aber unberücksichtigt bleiben möge.

Die für die Beregnung erforderliche Pumpanlage wird stärker bemessen werden müssen als bei dem Verfahren der Ueberstauung. Man wird im ersten Falle mit rund 7 Atm. Rohrleitungsdruck zu rechnen haben.

Für die Beregnungsanlage gelten dann folgende Verhältnisse:

Es sind in den Monaten April bis September bei einer durchschnittlichen Tagesleistung von 300 cbm 50 000 cbm, und in den Monaten Oktober bis März bei einer durchschnittlichen Tagesleistung von 80 cbm 10 000 cbm Röstwasser unterzubringen.

Legt man eine durchschnittliche Abwasserhöhe von 100 mm zugrunde, die den Nährstoffbedarf der Pflanzen decken würde, so sind 50 bis 60 ha zur Unterbringung der Röstwassermengen erforderlich. Täglich sind bei sechsstündiger reiner Beregnungszeit 300 cbm oder 50 cbm/Std. bzw. 14 l/sek. zu verregnen. Bei 15 mm Regengabe in einer Stellung sind täglich zwei Hektar zu versorgen. Wir haben es also mit einer verhältnismäßig kleinen Beregnungsanlage zu tun.

Die Anlagekosten sind im Mittel mit 18 000 M zu schätzen. Dazu kommen die Mehrkosten der Maschinen gegenüber dem Verfahren der Ueberstauung mit rund 2000 M, zusammen im Mittel also 20 000 M. Die Betriebskosten stellen sich bei den neueren Apparaten mit weitreichenden Düsen auf etwa 5 Pfg je Kubikmeter verregnetes Wasser. Es entstehen dann folgende jährliche Kosten:

1. Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals zu 15 v H	3 000 M
2. Betriebskosten bei der Verregnung von 60 000 cbm Röstwasser zu 5 Pfg	3 000 M
3. Zugabe von 30 000 kg Aetzkalk, 2,50 M je 100 kg	750 M
zusammen	6 750 M

oder 11,2 Pfg/cbm Röstwasser.

Andererseits spart man die Düngung für 50 bis 60 ha. Sie möge sehr gering nur mit 90 M je Hektar berechnet werden. Somit beträgt der Düngerpreis 4500 M. Dazu kommt die Ernteteigerung durch den Wasserwert des Röstwassers, der auf Böden in trockeneren Lagen bei Ackerpflanzen im Mittel der Jahre mit 40 v H und bei Grasland mit 80 v H der Normalernte, d. h. mit 150 M/ha abzüglich der Werbungskosten angenommen werden darf.

Der Erntegewinn beträgt dann 50 × 150 = 7500 M. Folglich ergibt die Beregnung volks- und privatwirtschaftlich einen Ueberschuß von 7500 + 4500 — 6750 = 5250 M oder 8,8 Pfg je Kubikmeter Röstwasser.

Der wirtschaftliche Nutzen der Beregnung gegenüber der Ueberstauung beträgt 8,8 + 8,3 = 17,1 Pfg je Kubikmeter Röstwasser.

Zum Schluß nehme ich Veranlassung, Herrn Prof. Dr.-Ing. Zunker, meinem hochverehrten Lehrer, für die Anregung zu dieser Arbeit und die jederzeit freundliche Unterstützung meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Am 1. Dezember 1895 bin ich zu Darmstadt geboren. Daselbst besuchte ich auch das Realgymnasium bis Prima und legte an derselben Anstalt im November 1918 die Kriegsreifeprüfung ab. Im August 1914 trat ich als Kriegsfreiwilliger in das Feldartillerie-Regiment Nr. 25 ein, dem ich bis zur Auflösung des Feldheeres angehörte.

Meine vierjährige praktische Ausbildung als Landwirt erhielt ich auf Gütern in der Mark, im Odenwald, in Waldeck und in Schlesien. Zwecks wissenschaftlicher Ausbildung weilte ich im W.-S. 1918/19 auf der technischen Hochschule in Darmstadt und ab W.-S. 1922/23 auf der Friedrich-Wilhelms-Universität in Breslau Ich legte dort die Prüfung als akad. gepr. praktischer Landwirt und als Pflanzenzuchtinspektor ab. Seit März 1924 beschäftigte ich mich mit vorliegender Arbeit.

Kurt Heitz.